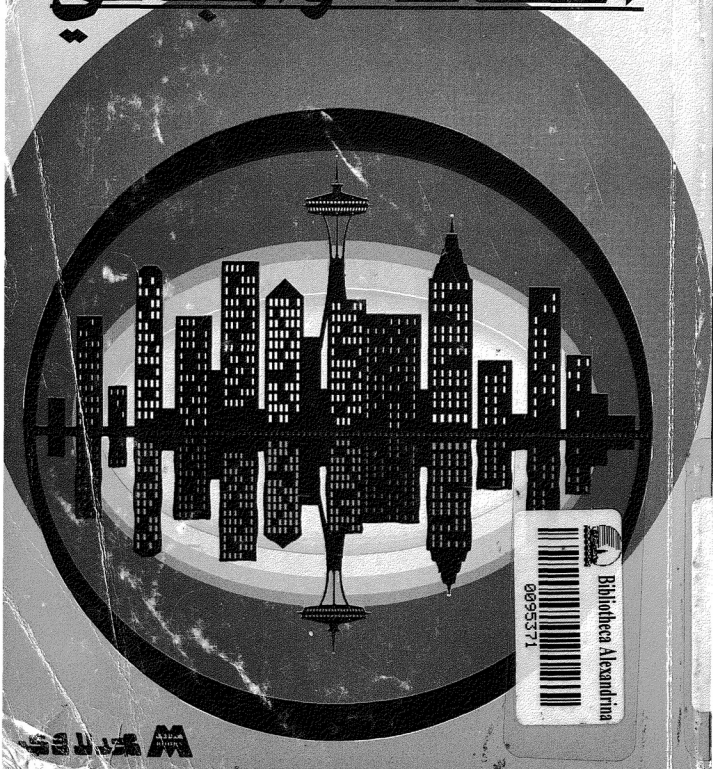


د. عبد الرسول حمودي العزاوي

# الطاقة والمباني



دار الكتب  
مكتبة



الطاقة والمباني





# الطائفة والمباني

الدكتور عبد الرزاق عويّدي البرادي

دار  
عبدلوي  
للنشر والتوزيع



رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية

( ١٩٩٥/٩/٩٣٦ )

رقم التصنيف

: ٦٢٠.٤٢

المؤلف ومن هو في حكمه : عبد الرسول حمودي العزاوي

عنوان المصنف

: الطاقة والمباني

روءس الموضوعات

: ١- هندسة الطاقة

٢- المباني

رقم الإيداع

: ( ١٩٩٥/٩/٩٣٦ )

الملاحظات

: عمان - دار مجدلاوي

\* تم اعداد بيانات الفهرسة الاولى من قبل دائرة المكتبة الوطنية

حقوق الطبع محفوظة

الطبعة الأولى

دار

**مجدلاوي**

للنشر والتوزيع

عمان - الأردن - ص.ب ١٨٤٢٥٧

هاتف فاكس: ٦١١٦٠٦

**الأولاد**

**الي**

**عائلي**



## **شكر وتقدير**

يسرني ان اتقدم بالشكر والرفان الى الاستاذ المهندس محمد علي موسى مدير عام مركز دراسات الطاقة الشمسية في طرابلس / الجماهيرية الليبية والدكتور فؤاد سيالة مساعد المدير العام وكافة منتسبي المركز على تعاونهم ودعمهم المتواصل لي في كافة الاعمال . كما اتقدم بالشكر الجزيل الى كل من الاساتذة الافاضل الاستاذ الدكتور فهم علي حسين والدكتور حامد جاسم والدكتور عادل توفيق سليمان والمهندس محمد عبد الخفي على ما ابدوه من ملاحظات ومناقشات مستفيضة طيلة مدة اعداد مسودة الكتاب .



## الفهرست

15	1 . المقدمة
19	2 . الطاقة
19	2 . 1 . تعريف الطاقة
19	2 . 2 . نبذة تاريخية عن مراحل تطور الطاقة
22	2 . 3 . انواع مصادر الطاقة
22	2 . 4 . مصادر الطاقة الاحفورية
22	2 . 4 . 1 . الفحم
23	2 . 4 . 2 . النفط
23	2 . 4 . 3 . الغاز الطبيعي
24	2 . 5 . طاقة المساقط المائية
24	2 . 6 . الطاقة النووية
25	2 . 7 . مصادر طاقة متفرقة
25	2 . 8 . مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة
25	2 . 8 . 1 . الطاقة الشمسية
26	2 . 8 . 2 . طاقة الرياح
29	2 . 8 . 3 . طاقة الكتلة الحيوية
32	2 . 8 . 4 . المياه الجيوحرارية
33	2 . 8 . 5 . انتاج الهيدروجين
41	2 . 9 . مصادر طاقة تحت البحث والتطوير
41	2 . 9 . 1 . الطاقة الموجية

- 41 2 . 9 . 2 . طاقة المد والجزر
- 42 2 . 9 . 3 . طاقة المحيطات
- 42 2 . 9 . 4 . طاقة الانسان
- 43 2 . 9 . 5 . الطاقة المسترجعة
- 43 2 . 9 . 6 . مصادر طاقة متفرقة
- 43 2 . 10 . واقع ومستقبل الطاقة الجديدة والمتجددة

### 3 . المباني

- 59 3 . 1 . انواع المباني
- 59 3 . 1 . 1 . المباني السكنية التراثية
- 59 3 . 1 . 2 . المباني السكنية القديمة
- 60 3 . 1 . 3 . المباني السكنية الحديثة
- 60 3 . 1 . 4 . المباني السكنية الحديثة ( الفخمة )
- 61 3 . 1 . 5 . المباني السكنية ذات ( 2 - 4 ) شقة
- 61 3 . 1 . 6 . العمارات السكنية والخدمية المختلفة (اكثر من ثلاث طوابق)
- 61 3 . 1 . 7 . مباني متنوعة
- 62 3 . 2 . تعامل الانسان مع المباني
- 63 3 . 3 . مواد البناء
- 64 3 . 4 . طرق البناء المستعملة

### 4 . احتياجات الطاقة في المباني

- 77 4 . 1 . الظروف المناخية وراحة الانسان



- 78 2 . 4 . انتقال الحرارة
- 78 1 . 2 . 4 . انتقال الحرارة بالتوصيل
- 79 2 . 2 . 4 . انتقال الحرارة بالحمل
- 81 3 . 2 . 4 . انتقال الحرارة بالأشعاع
- 82 4 . 2 . 4 . الجمع بين طرق انتقال الحرارة
- 82 3 . 4 . الاحمال الحرارية في المباني
- 83 1 . 3 . 4 . مصادر الحرارة المكتسبة من عوامل خارجية تؤثر على المبنى
- 83 2 . 3 . 4 . مصادر الحرارة المكتسبة من تأثير عوامل ناتجة من داخل المبنى
- 84 4 . 4 . حسابات الاحمال الحرارية في المباني
- 84 5 . 4 . حسابات الاحمال الحرارية نتيجة عوامل خارجية تؤثر على المبنى
- 84 1 . 5 . 4 . اكتساب الحرارة من الاشعاع الشمسي
- 87 2 . 5 . 4 . انتقال الحرارة من خلال الجدران والسقوف والارضيات
- 88 6 . 4 . حسابات الاحمال الحرارية من عوامل ناتجة من داخل المبنى
- 88 1 . 6 . 4 . الحرارة المتولدة من استعمال منظومة الانارة
- 89 2 . 6 . 4 . الحرارة المنبعثة من اجسام الاشخاص المتواجدين في المبنى
- 90 3 . 6 . 4 . الاحمال الحرارية الناتجة عن التسرب
- 92 4 . 6 . 4 . الاحمال الحرارية الناتجة عن التهوية
- 93 5 . 6 . 4 . الحرارة المتولدة من الاجهزة والمعدات
- 117 5 . الطاقة الشمسية
- 117 1 . 5 . تعريف الطاقة الشمسية
- 118 2 . 5 . قياس الطاقة الشمسية

119	5 . 3 . استخدامات الطاقة الشمسية
120	5 . 4 . التحويل الحراري للطاقة الشمسية
120	5 . 4 . 1 . استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه
121	5 . 4 . 2 . استخدام الطاقة الشمسية في تسخين الهواء
122	5 . 4 . 3 . استخدام الطاقة الشمسية في توليد البخار لاغراض صناعية
122	5 . 4 . 4 . استخدام الطاقة الشمسية في توليد درجات حرارة عالية
123	5 . 4 . 5 . استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه
126	5 . 4 . 6 . استخدام الطاقة الشمسية في تكييف المباني
126	5 . 4 . 7 . استخدام الطاقة الشمسية في الزراعة المحمية
127	5 . 4 . 8 . استخدام الطاقة الشمسية في معالجة مشاكل التربة الزراعية
128	5 . 4 . 9 . استخدام الطاقة الشمسية في تخفيف المحاصيل الزراعية
129	5 . 4 . 10 . استخدام الطاقة الشمسية في الطبخ
130	5 . 4 . 11 . استخدام الطاقة الشمسية في الصناعات الكيميائية
131	5 . 4 . 12 . استخدام الطاقة الشمسية في البرك الشمسية
135	5 . 5 . التحويل الكهربائي للطاقة الشمسية ( الخلايا الشمسية )
135	5 . 5 . 1 . انواع الخلايا الشمسية
137	5 . 5 . 2 . تقنية الخلايا الشمسية
137	5 . 5 . 3 . تطبيقات الخلايا الشمسية
161	6 . استخدام الطاقة الشمسية في تسخين الماء
161	6 . 1 . سخانات المياه التقليدية للاغراض المنزلية
162	6 . 2 . منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية

165	6 . 2 . 1 . المجموع الشمسي المستوي
169	6 . 2 . 2 . خزان الماء الحراري
169	6 . 2 . 3 . الانابيب والوصلات
169	6 . 2 . 4 . مضخة ماء
170	6 . 2 . 5 . اجهزة التحكم الميكانيكية او الكهربائية
170	6 . 3 . العوامل المؤثرة على كفاءة منظومة السخان الشمسي
171	6 . 4 . الاداء الحراري للمجمع الشمسي المستوي
171	6 . 5 . العوامل المؤثرة على كفاءة المجموع الشمسي المستوي
173	6 . 6 . العوامل المطلوب قياسها لحساب كفاءة المجموع الشمسي المستوي
176	6 . 7 . العوامل المؤثرة على تركيب منظومات تسخين الماء الشمسية
176	6 . 7 . 1 . الموقع الجغرافي لتركيب المنظومة
177	6 . 7 . 2 . تأثير الظل
177	6 . 7 . 3 . تأثير هبوب الرياح
177	6 . 7 . 4 . سهولة الوصول للمنظومة
177	6 . 7 . 5 . سهولة توصيل الماء البارد من المصدر
177	6 . 7 . 6 . القرب من نقاط استخدام الماء الساخن
178	6 . 7 . 7 . العوامل المساعدة
179	6 . 8 . ربط السخان الشمسي بالسخان الكهربائي المنزلي
179	6 . 8 . 1 . ربط المجموع الشمسي بالسخان الكهربائي المنزلي
	6 . 8 . 2 . ربط منظومة السخان الشمسي بالسخان الكهربائي
179	المنزلي
179	6 . 8 . 3 . استعمال منظومة الشمسية التكاملة لتجهيز الماء الحار

- 203 . استخدام الطاقة الشمسية في تسخين الهواء
- 203 1 . 7 . منظومات تسخين الهواء الشمسية الموجبة ( القسرية )
- 204 1 . 1 . 7 . المجمع الشمسي الهوائي
- 205 2 . 1 . 7 . الخزان الحراري الهوائي
- 206 3 . 1 . 7 . شبكة مجاري توزيع الهواء
- 206 4 . 1 . 7 . مضخة دفع الهواء
- 206 5 . 1 . 7 . مسيطرات ومنظمات حرارية
- 206 6 . 1 . 7 . مصدر طاقة خارجي
- 207 2 . 7 . العوامل المؤثرة على كفاءة المجمع الشمسي الهوائي
- 207 1 . 2 . 7 . الاداء الحراري للمجمع الشمسي الهوائي
- 208 2 . 2 . 7 . العوامل المؤثرة على كفاءة المجمع الشمسي الهوائي
- 3 . 2 . 7 . العوامل المطلوب قياسها لحساب كفاءة المجمع
- 209 الشمسي الهوائي
- 212 3 . 7 . منظومات تسخين الهواء الشمسية الطبيعية (الحر ، السالبة)
- 213 4 . 7 . منظومة الجدار الحراري الحر
- 214 5 . 7 . تصميم منظومة الجدار الحراري الحر
- 214 6 . 7 . البيوت الخضر ( منظومة الفسحة المشمسة المضافة )
- 215 1 . 6 . 7 . وصف البيوت الخضر
- 215 2 . 6 . 7 . نظرية اداء البيوت الخضر
- 216 3 . 6 . 7 . استعمالات البيوت الخضر

- 217 7 . 6 . 4 . تصاميم البيوت الخضراء
- 219 7 . 6 . 5 . موقع تركيب البيوت الخضراء بالنسبة للمباني
- 219 7 . 6 . 6 . تصاميم البيوت الخضراء الملاصقة للمباني
- 221 7 . 6 . 7 . استعمال البيوت الخضراء في المباني المشيدة سابقا
- 221 7 . 6 . 8 . استعمال البيوت الخضراء في المباني التي تشيد مستقبلا
- 222 7 . 7 . منظومة الكسب المباشر لاشعة الشمس
- 223 7 . 8 . منظومة بركة الماء الشمسية السقفية
- 224 7 . 9 . منظومة البناء المغلف المزدوج
- 224 7 . 10 . الجمع بين المنظومات السالبة والموجبة
- 224 7 . 11 . العوامل المؤثرة على تركيب منظومات تسخين الهواء الشمسية
- 225 7 . 12 . مقارنة بين المنظومات الشمسية لتسخين الهواء وتسخين الماء
- 247 8' . عناصر التصميم المعماري
- 247 8 . 1 . توزيع الفراغات داخل المبنى
- 247 8 . 2 . اختيار مساحة ونوع الشبايك
- 248 8 . 3 . اختيار تصاميم المظلات
- 248 8 . 4 . تحديد الاضاءة الملائمة
- 249 8 . 5 . اختيار مواد الديكور
- 257 9 . عناصر التكيف البيئي
- 257 9 . 1 . الاحوال الجوية
- 257 9 . 2 . العزل الحراري

258	9 . 3 . السيطرة على التسرب الحراري
259	9 . 4 . توفير التهوية الملائمة
260	9 . 5 . اختيار الموقع والاتجاه الجغرافي
260	9 . 6 . مصدات الرياح
261	9 . 7 . زراعة النباتات
271	10 . استخدام الطاقة الشمسية في المباني
271	10 . 1 . استعمال منظومات الطاقة الشمسية في المباني المشيدة قديما
	10 . 2 . استعمال منظومات الطاقة الشمسية في المباني التي هي قيد الانشاء
272	10 . 3 . استعمال منظومات الطاقة الشمسية في المباني التي تشيد مستقبلا
273	10 . 4 . استعمال منظومات التكيف المركزية الشمسية في المباني
278	10 . 5 . الجمع بين مصادر الطاقة المتجددة في المباني
279	10 . 6 . مشاريع تكيف المباني
279	10 . 6 . 1 . مشاريع بحرية
279	10 . 6 . 2 . مشاريع ريادية
280	10 . 6 . 3 . مشاريع تطويرية
280	10 . 6 . 4 . مشاريع مستقبلية

11 . ترشيد استهلاك الطاقة 285

286 11 . 1 . الاستعمال الامثل للاجهزة الخدمية في المباني

11 . 2 . استعمال اجهزة السيطرة الذاتية لتنظيم عمل الاجهزة الخدمية في

288 المباني

11 . 3 . استعمال مواد البناء وعناصر التكيف البيئي والتصميم المعماري 289

11 . 4 . دور التراث المعماري العربي في ترشيد استهلاك الطاقة في

289 المباني

12 . تلوث البيئة 299

300 12 . 1 . مسببات التلوث البيئي

301 12 . 2 . تلوث الهواء داخل المباني

302 12 . 3 . مصادر تلوث الهواء داخل المباني

302 12 . 3 . 1 . مصادر تلوث الهواء الخارجي الداخل الى المباني

303 12 . 3 . 2 . مصادر تلوث الهواء الموجود داخل المباني

305 12 . 4 . تأثير مسببات تلوث الهواء على الانسان

306 12 . 5 . طرق معالجة تلوث الهواء داخل المباني

309 12 . 6 . الاجراءات اللازمة للمحافظة على نوعية الهواء داخل المباني

13 . المردودات الايجابية لاستخدامات مصادر الطاقة الجديدة

315 والمتجددة

315 13 . 1 . المردودات الاقتصادية لمصادر الطاقة الجديدة والمتجددة

315 13 . 2 . مردودات تصنيع مكونات ومنظومات الطاقة الشمسية

316	13 . 3 . المردودات الاقتصادية للسخان الشمسي
318	13 . 4 . المردودات الاقتصادية للخلايا الشمسية
319	13 . 5 . المردودات الاقتصادية لتحلية المياه بالطاقة الشمسية
320	13 . 6 . المردودات الاقتصادية لطاقة الرياح
	13 . 7 . مردود تصدير النفط الذي يتم توفيره بمشروعات الطاقة
320	الجديدة والمتجددة
321	13 . 8 . زيادة الخبرة والمعرفة التكنولوجية للمجتمع
323	13 . 9 . المردود البيئي
325	14 . ملحق وسائل ترشيد استهلاك الطاقة
337	15 . المصادر العربية
339	16 . المصادر الأجنبية



## الفصل الاول

### المقدمة

تفتقر المكتبة العربية الى مراجع متخصصة في مجال الطاقة والمباني والعلاقة بينهما ، حيث يشكلان اجزاء مهمة في ديمومة الحياة وتطور المجتمع . يعتبر هذا الكتاب مساهمة متواضعة من اجل توفير مادة نظرية وعملية متخصصة يستفاد منها ابناؤنا الطلبة في المعاهد والكليات العربية في اختصاصات الهندسة الميكانيكية والمدنية والعمارة والطاقة والبيئة والفيزياء والاقتصاد والتخطيط . وكذلك يستفاد منه المهندسون والباحثون والعاملون في حقل الطاقة والمباني .

يتناول هذا الكتاب مبادئ نظرية وتطبيقية لمفردات الطاقة والمباني كلا على انفراد ، حيث تم التطرق الى مصادر الطاقة البديلة والربط بين مصادر الطاقة وتطبيقاتها في المباني والاضرار الجانبية والعوامل المرتبطة بهما . حيث شددت أزمة توفير الطاقة والحفاظ على سلامة البيئة منذ مطلع السبعينات ، انتباه كافة دول العالم سواء كانت مصدرة او مستوردة للطاقة او مكنتية ذاتيا ، مما أدى الى ظهور اهتمام عالمي واسع بالبحوث والدراسات ووضع الخطط التي من شأنها ان تساعد على إيجاد وسائل توفير مصادر جديدة للطاقة ومكافحة مسببات تلوث البيئة . وقد استحوذ هذا الموضوع المهم حل اهتمامات المجتمع العالمي المتطور ، واتخذ ثلاثة اتجاهات رئيسية ظهرت معالمها من جراء التطبيقات المختلفة خلال العقدين الماضيين . اخذ الاتجاه الاول مسار إيجاد وسائل آنية وحلول سريعة لتساعد في ترشيد استهلاك الطاقة في جميع المجالات الممكنة . وسار الاتجاه الثاني في طريق إيجاد مصادر طاقة جديدة ومتجددة بديلة للطاقة التقليدية كحل استراتيجي . وكلا المسارين السابقين ساهما في ابراز دور المسار الثالث في تقليل ومكافحة مسببات تلوث البيئة . وقد حققت الاتجاهات المتعارنة تقدما ملحوظا ولازال العمل جاريا في تحقيق النجاحات الطموحة في كل المجالات الممكنة التي تؤدي الى خدمة تطور المجتمع مستقبلا .

ان استعمال النفط ومشتقاته كأول خيار لتوفير الطاقة ادى الى ظهور مشاكل عديدة كان من اهمها تلوث البيئة . بالإضافة الى تناقص عمر المخزون الاحتياطي النطفي العالمي مما دفع الى اعتماد وسائل ترشيد استهلاك الطاقة وإيجاد الطاقة البديلة من مصادر جديدة ومتجددة أعطت مردودات تقنية واقتصادية وبيئية جيدة . وهناك مصادر طاقة متجددة متوفرة في العالم العربي ونخص منها الطاقة

الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الموجهة وتوليد الهيدروجين والغاز الحيوي... الخ . يتمتع الموقع الجغرافي للبلاد العربية بنسب مرتفعة من معدلات الطاقة الشمسية الساقطة على سطح الارض وساعات سطوع شمس طويلة ، مما شجع على استغلال هذه الطاقة عن طريق التحويل الحراري المباشر وغير المباشر للطاقة الشمسية باحدى التقنيات المتاحة لاستعمالها في المباني . وتعتبر الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في الوقت الحاضر . ويعتبر مجال تكييف المباني من اهم التقنيات التطبيقية الناححة للتحويل الحراري للطاقة الشمسية ومنها على سبيل المثال تكييف مباني المدارس ورياض الاطفال والوحدات الاجتماعية والمباني الخدمية والادارية والسكنية المختلفة سواء كانت متكونة من طابق واحد او أكثر . وقد ساهمت الطاقة الشمسية في توفير نسبة لا بأس بها من مجموع الطاقة التقليدية المستعملة في تكييف المباني . وتزداد اهمية استخدام الطاقة الشمسية في المباني كلما كانت هذه المباني بعيدة عن مصادر الطاقة الكهربائية وفي المناطق النائية . وكذلك تتوفر في الموقع الجغرافي للوطن العربي معدلات كافية من سرعة الرياح لتشغيل المراوح الهوائية لتوليد الطاقة الكهربائية للاستعمال المباشر وغير المباشر . وتوفر السواحل الطويلة تسمح بإمكانية استغلال الطاقة الموجهة لتوليد الطاقة الكهربائية . ويمكن استغلال توفر الايدي العاملة والفنية وتوفر كميات هائلة من المواد الأولية في تصنيع اجهزة الطاقة البديلة ومنها على سبيل المثال وجود مادة السيليكا التي تدخل في تصنيع الخلايا الشمسية . هذا بالإضافة الى انتشار الزراعة وتربية الحيوانات يمكن من فضلتهما انتاج الغاز الحيوي . ونؤكد مرة اخرى بان الشمس هي مصدر كل الطاقات المتوفرة على سطح الارض وتتوفر بمعدلات عالية في الوطن العربي . ويمتاز بسهولة التجميع وسلامة التطبيق في جميع المجالات وخاصة في قطاع المباني . لذا اعطى هذا الكتاب تركيز خاص على هذا المصدر المهم الذي يمد الطاقة الى كل الكائنات الحية على سطح كوكبنا الارض .

يتكون الكتاب من ثلاثة عشر فصلا ابتداء من المقدمة للمختصرة عن مادة الكتاب . قدم الفصل الثاني شرحا مفصلا عن توفر مصادر الطاقة واستعمالاتها المختلفة في المجالات الممكنة كلا حسب طبيعة توفرها وانتاجها او تصنيعها . وتناول انواع مصادر الطاقة البديلة وتطبيقاتها المختلفة في عالمنا العربي او في مناطق اخرى من العالم . وقدم هذا الفصل ايضا تقييم واقع ومستقبل مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة . وتناول الفصل الثالث تصنيف المباني حسب نوعها وطبيعتها استعمالها وطريقة ومواد البناء المستعملة فيها . قدم الفصل الرابع شرحا مفصلا عن احتياجات الطاقة في المباني وطرق انتقالها ومصادرها وطرق حسابات الاحمال الحرارية المطلوبة للتدفئة والتبريد وتوفير الجو

الطبيعي للساكين . تخصص الفصل الخامس في تعريف الطاقة الشمسية وتوفرها وطرق قياسها واستخداماتها في مجالات عديدة منها تسخين الماء والهواء للاستعمالات المنزلية والخدمية وتكييف المباني المختلفة والتطبيقات الزراعية والصناعية وتغذية المياه... الخ عن طريق استخدام تقنيات التحويل الحراري والتحويل الكهربائي للطاقة الشمسية . وتم التطرق الى تطبيقات الطاقة الشمسية المختلفة في الوطن العربي والعالم . وزاد تفصيل استخدامات الطاقة الشمسية في تسخين الماء والهواء في الفصلين السادس والسابع على التوالي . وتناول الفصل الثامن والتاسع عناصر التصميم المعماري والتكييف البيئي التي يهتمها المهندسون في تصميم المباني لغرض تقليل احمال التكييف وتوفير الجو الطبيعي للساكين بأقل تكاليف ممكنة . تخصص الفصل العاشر في تطبيق الطاقة الشمسية في مختلف المباني سواء كانت قديمة او حديثة . وتم شرح استعمال منظومات التكييف المركزية الشمسية التي شاع استعمالها خلال العقدين الماضيين . ان استخدام الطاقة الشمسية في تكييف المباني يوفر الجو الطبيعي ويقلل من تكاليف الطاقة التقليدية المصروفة على اجهزة التكييف . وكذلك التطرق الى امكانية الجمع بين أكثر من مصدر من مصادر الطاقة البديلة المستعملة في تزويد الطاقة في المباني . واقرحت مشاريع تطبيقية لتكييف المباني تستخدم فيها مصادر الطاقة البديلة . ان ترشيد استهلاك الطاقة احذ نصيبه في الفصل الحادي عشر . وتم التطرق الى الوسائل التي تساعد على ترشيد استهلاك الطاقة في المباني . وخصص ملحقا يتناول وسائل ترشيد استهلاك الطاقة . وتم تسليط الضوء على دور التراث المعماري العربي في ترشيد استهلاك الطاقة في المباني واستلهم المبادئ والاسس العملية المستعملة فيها وابرار دورها الفعال بحيث يمكن توضيحها عند وضع تصاميم المباني الحديثة . ان استخدام وسائل ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية واستعمالات مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في مختلف المجالات الواسعة سوف يساهم في المحافظة على ثروتنا النفطية من الاستهلاك المتزايد واطالة عمر المحزون النفطي وتأمين مستقبل احيالنا القادمة في ظل محيط بيئي طبيعي . وتناول الفصل الثاني عشر مسببات ومصادر تلوث البيئة وطرق علاجها لغرض الحد من تأثيراتها السلبية على صحة المواطنين الساكنين في المباني المختلفة . كما رافق موضوع تلوث البيئة بعض فصول الكتاب لما له من دور رئيسي وفعال في مجال الطاقة والمباني . وتم الوقوف على المردودات الاقتصادية لتطبيقات مصادر الطاقة البديلة والمردودات الايجابية التقنية والبيئية في الفصل الاخير .



## الفصل الثاني

### الطاقة

#### 2 . 1 . تعريف الطاقة

تعرف الطاقة بانها الشغل المنجز بواسطة استعمال الاجهزة والمكائن التي تعمل باستخدام احد انواع مصادر الطاقة كالنفط او الغاز او الكهرباء او الخشب لتقديم الخدمات الضرورية للحياة وتساعد على سير الاعمال المطلوبة في جميع مجالات المجتمع . وفي مقدمتها استخدام احد انواع مصادر الطاقة مثل النفط او الغاز او الكهرباء او الخشب او الفحم في تشغيل اجهزة التكيف المختلفة والطبخ وتسخين الماء وتشغيل الاجهزة الخدمية المتنوعة والمكائن والمعدات المختلفة . ونشترك هنا الى استهلاك الطاقة في مجال ضيق لايتعدى استعمال الطاقة في قطاع المباني لاعتباره يشكل الجزء الاكبر لاستهلاك انواع مصادر الطاقة بنسبة لا بأس بها من مجموع الاستهلاك الكلي للطاقة والذي يتعامل بصورة مباشرة مع الحياة اليومية للمجتمع .

#### 2 . 2 . نبذة تاريخية عن مراحل تطور الطاقة

منذ القدم أحتاج الانسان الى الطاقة التي تأتي عن طريق الغذاء ، واستطاع تأمينها من النباتات المتوفرة ومن صيد الحيوانات . بعد ذلك اكتشف الإنسان النار التي تعتبر مصدرا لطهي الطعام والتدفئة باستعمال الخشب لادامتها . وعندما بدأ الانسان يتطور في طرق العيش وجد في الزراعة مصدرا مهما في تأمين الغذاء للاكل والطاقة للتدفئة وتلبية الاحتياجات الاخرى . ولغرض تطور الزراعة استطاع الانسان استغلال قوة الحيوانات في مساعدته على إنجاز اعمال الزراعة والاعمال التي تتطلب قوة لا يمتلكها . وأخذ الانسان يفكر في إيجاد مصادر طاقة لتأمين احتياجاته الضرورية نتيجة لتطور طرق المعيشة والسكن وزيادة الادراك التقني . فاستطاع استعمال قوة الرياح في ابحار السفن الشراعية وادارة الطواحين الهوائية واستغلال المساقط المائية في ادارة الته الميكانيكية . وظل الانسان حبيس الطاقة لايستطيع استغلالها في الزمان والمكان الذي يرغب فيهما . وعند ذلك الوقت لم يعرف

احد ان الشمس هي مصدر كل الطاقات المتواجدة على كوكب الأرض . وقد استغل الانسان بعض مصادر الطاقات المتجددة في خدمته .

وفي القرن الثامن عشر ميلادي وبالتحديد خلال الثورة الصناعية التي شهدتها القارة الاوربية ، اكتشفت المكين البخارية التي احدثت منعطفاً في تغيير حياة الانسان وحققت تطوراً في اغلب المجالات . وفتحت افقاً جديدة لطموحات مستقبلية واسعة . وتعتبر هذه المرحلة الاولى لاستعمال الانسان لمصدر طاقة جديدة من اكتشافه . حيث استعملت المكين البخارية السريعة في دفع عجلات رفع الماء وإدارة مطاحن الحبوب في الحقول السهلة والمرتفعات وتشغيل وسائل النقل المختلفة . وبعدها بقليل تم اختراع مكين الاحتراق الداخلي في عام 1870 وجاء بعدها أيضاً اكتشاف مصادر الطاقة الاحفورية مثل النفط والغاز الطبيعي اللذان استعملتا بكثافة شديدة لاحقاً . وعند اكتشاف مصادر الطاقة الاحفورية وجدت انها مصادر غير متجددة قابلة للنضوب . وتعتبر مصادر طاقة مركزة متوفرة بسهولة الاستعمال ويمكن ان تحصل مقابلها على جهد ميكانيكي جيد يعتمد على كفاءة الماكينة المستعملة . وعند اختراع المكين الحرارية واستعمال مصادر الوقود الاحفوري بسهولة تامة استطاع عند ذلك تذليل الصعاب . وأصبحت الطاقة قابلة للانتقال واعطت حرية التصرف ووسعت حركة الانسان . ولاول مرة لم يعد يشعر الانسان انه حبيس الطاقة واستطاع استغلال مصادر الطاقة في المكان والزمان والمجالات المطلوبة التي يرغب فيها ، واستغلال الطاقة المتولدة من المكين في المكان المعين لانتاج الشغل المطلوب في الوقت المحدد . وأزاد استغلال مصادر الطاقة عندما تم اكتشاف توليد الكهرباء وتطور بناء محطات مركزية لتوليد الكهرباء بأستخدام الوقود الاحفوري أو استخدام المساقط المائية وتوزيع الكهرباء بواسطة شبكات التوزيع المنتشرة في جميع المناطق لتوصيل الكهرباء الى المستهلك مباشرة .

وبعد الحرب العالمية الثانية اعتبرت الطاقة الذرية مصدراً جديداً من مصادر الطاقة حيث بعدها بمسنوات بدأت عملية بناء محطات توليد الكهرباء بواسطة الطاقة الذرية لسد احتياج الكهرباء في مناطق عديدة من العالم .

وفي الوقت الحاضر ، بدأ كل بلد في العالم بحسب احتياجه للطاقة الحالية والمستقبلية ويخطط بالطرق المتاحة لتوفيرها من مصادر جديدة سواء كانت متوفرة محلياً أو مستوردة . ويمكن بسهولة تقسيم مصادر الطاقة على اساس تجاري أو غير تجاري . والمصادر التجارية تكون عادة من مصادر الطاقة الاحفورية ( الفحم ، النفط ، الغاز الطبيعي ) وتوليد الكهرباء بواسطة المساقط المائية والطاقة

الذرية . حيث ان الطاقة الناتجة من هذه المصادر يسهل تسويقها من مكان الى اخر . اما المصادر غير التجارية وتشمل الخشب وفضلات الحيوانات والنباتات . فأن أغلب مصادر الطاقة التي تستعمل في البلاد الصناعية مثل الولايات المتحدة الامريكية تكون من الانواع التجارية . أما في البلاد النامية مثل الهند فأنها تستعمل مصادر الطاقة التجارية وغير التجارية ويعتبر هذان المصدران متكافئين في سد الحاجة من الطاقة . بينما الدول الفقيرة تعاني من نقص شديد في توفر الطاقة وتستعمل مصادر طاقة غير تجارية في سد جزء من متطلباتها . وخلال الاعوام الماضية ازداد الطلب على النفط نتيجة التطور التقني والزيادة الحاصلة في عدد السكان في العالم ، مما سيؤدي الى نضوب النفط خلال القرن القادم . ولهذا بدأت البحوث لدراسة ماهو متوفر من مصادر الطاقة الاحفورية وكيفية إيجاد وسائل ترشيد استهلاك الطاقة وإيجاد مصادر طاقة بديلة نظيفة . ومن الارقام المتحصلة من حصر كميات النفط المتوفرة يمكن التكهّن بعمر الاحتياطي النفطي المتوفر ضمن التوقعات المستقبلية لاستهلاك الطاقة . وعند ذلك يمكن التعرف على مدى الحاجة الى مصادر طاقة بديلة وكيفية توفرها .

وهنا لا بد من الإشارة الى أن الانسان يرغب في التطور لعيش حياة أكثر سعادة وراحة مما يجعله حريصاً على تأمين هذه المتطلبات عن طريق توفير الطاقة الضرورية المستعملة في جميع مجالات الحياة . وأصبحت معدلات استهلاك الفرد من الطاقة أحد المؤشرات المهمة التي تدل على مدى تطور المجتمع . ومن مساوئ التوسع في استهلاك الطاقة بالصورة الجارية في الوقت الحاضر هي مشاكل تلوث البيئة التي شملت الهواء والماء والأرض . وبدأ تأثير إنتاج الغازات المختلفة من اشتعال النفط والغاز والفحم في محطات التوليد والمعامل والمركبات...الخ الى تأثر الغلاف الغازي المحيط بالكرة الأرضية وكذلك التأثيرات السلبية المباشرة على حياة الإنسان والحيوان والنبات . بالإضافة الى مساهمة الإنسان من خلال المخلفات المنزلية والصناعية والزراعية المختلفة التي لها تأثيرات أنية أو مستندمية شديدة على الكائنات الحية . والخطر المهم الآخر هو الفضلات النووية الناتجة من استعمال الوقود النووي في تشغيل المحطات النووية لتوليد الكهرباء وتخليق المياه . ولحد الان لم يكشف الإنسان تأثير الملوثات على المدى البعيد سوى التحسس بالضرر الآتية والتأثيرات المحسوسة والملموسة التي تظهر حالياً ويمكن تشخيصها وتحديد مسبباتها . ولغرض تلافي مثل هذه المشاكل الآن ومستقبلاً ، فقد بات من الضروري إيجاد مصادر طاقة بديلة نظيفة تؤمن متطلبات العيش براحة تامة في ظل حو طبيعي .

## 2 . 3 . انواع مصادر الطاقة

ويمكن تقسيم مصادر الطاقة الى مصادر الطاقة الاحفورية وتشمل النفط ومشتقاته والفحم بنائيه ومصادر طاقة متفرقة وتشمل الخشب وفضلات الحيوانات والنباتات ومصادر الطاقة الجديدة والمتجددة وتشمل الطاقة الشمسية والرياح ... الخ . وستطرق الى انواع مصادر الطاقة بشئ من التفصيل .

## 2 . 4 . مصادر الطاقة الاحفورية

أن مصادر الطاقة الاحفورية حسب النظرية السائدة قد تكونت من جراء اندثار الحيوانات والنباتات في التشققات العميقة في باطن الأرض التي حدثت بسبب حركة قشرة الأرض منذ الاف السنين . ويمكن تقسيم هذه المصادر الى مايلي :-

### 2 . 4 . 1 . الفحم

تكون الفحم من النباتات المدفونة بمعزل عن الاكسجين ، تحت سطح الأرض منذ الاف السنين . ويعتبر الفحم المنتشر بصورة متنوعة من الوقود الصلب . وهذا التنوع تقريباً يعني وصفاً للتركيب الكيميائي للفحم المتوفر ، ويمكن تقسيمه الى أربعة أنواع رئيسية . ومن خلال المصادر المتوفرة يمكن القول بأن انتاج الفحم في العالم كان منتظماً في بداية القرن الحالي وأخذ بالارتفاع بزيادة منتظمة حتى بداية الحرب العالمية الأولى . وأخذ معدل انتاج الفحم بالتذبذب صعوداً ونزولاً خلال الفترة الواقعة ما بين الحرب العالمية الأولى والثانية . واستمر الانتاج بالارتفاع المنتظم بعد الحرب العالمية الثانية وذلك للتطور التقني للمحامل والزيادة السكانية في العالم . ومنذ منتصف السبعينات اخذت معدلات انتاج الفحم بالتناقص وذلك بسبب توفر مصادر طاقة جديدة أفضل بكثير من الفحم . ولا زالت هناك كميات كبيرة من المخزون الاحتياطي متواجدة في كل من الولايات المتحدة الأمريكية ودول الاتحاد السوفيتي سابقاً والصين بنسبة 90 ٪ من المخزون الاحتياطي في العالم . وهذا يعني بأن الفحم سوف يكفي لمدة مئة عام اذا ما استمر الانتاج على معدلاته الحالية . واذا ساءم التخطيط لرسم سياسة ترشيد استهلاك الفحم فمن المتوقع أن يكفي المخزون الحالي حتى عام 2250 . ويستخدم الفحم في تشغيل مولدات التيار والكهرباء والتدفئة والطبخ... الخ .



## 2 . 4 . 2 . النفط

ان مصدر النفط يكمن في الاحياء المنثورة تحت باطن الارض منذ الالف السنين . وبسبب وجود حرارة وضغط طبقات الأرض تكون السائل المعروف بالنفط . ويعتبر التركيب الجزيئي لمركبات النفط من فصيلة المركبات الهيدروكربونية . وقد ازداد استهلاك النفط منذ اكتشافه في مطلع القرن العشرين . واستمرت معدلات الانتاج بارتفاع مستمر خلال الحريين العالميتين . وكانت الزيادة السنوية في معدلات الانتاج بنسبة 7 ٪ ما بين عام 1945 - 1970 . ووصلت كمية الانتاج الى  $17 \times 10^9$  برميل نفط في عام 1970 . وفي ازمة الطاقة العالمية عام 1973 ازداد الطلب على النفط فارتفعت معدلات الانتاج العالمي الى  $230 \times 10^9$  برميل نفط . ورافقت ازمة الطاقة مشاكل تلوث البيئة . وراحت هذه المشاكل تهدد حياة الإنسان بصورة مباشرة ، مما توجب الاتجاه الى إيجاد مصادر طاقة جديدة ومعالجة مشاكل التلوث البيئي ، ودفع الى ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية اولا ضمن خطط أنية قصيرة الامد وإيجاد مصادر جديدة للطاقة ثانيا ضمن خطط استراتيجية . وقد ساعدت هذه الاتجاهات الى تقليل الطلب على النفط رغم تطور التقنيات المختلفة التي تحدث في جميع مرافق الحياة . وتقدر كمية الاحتياطي النفطي العالمي  $2000 \times 10^9$  برميل . والجزء الاكبر منه متوفر في منطقة الشرق الاوسط وشمال أفريقيا . ولابد من الاشارة الى أن هناك اكتشافات جديدة لحقول النفط في بعض مناطق العالم . وتذبذب أسعار النفط في نهاية الثمانينات وانخفضت في بداية التسعينات وذلك للخطوات العملية المتخذة في مجال ترشيد استهلاك الطاقة وإيجاد مصادر طاقة جديدة وخطط مكافحة التلوث البيئي . اصبح استخدام النفط ومشتقاته واسعا كوقود لتشغيل المحركات المختلفة ومولدات الكهرباء والبخار وأجهزة التدفئة والطبخ... الخ والصناعات البتروكيميائية المختلفة . ينافس النفط توفّر الكهرباء كمصدر طاقة سهل الحصول عليه والاستعمال وقليل المضار الجانبية .

## 2 . 4 . 3 . الغاز الطبيعي

يوجد الغاز الطبيعي في خزانات أرضية بين طبقات الأرض في حقول النفط . ويندفع الغاز الطبيعي الى سطح الارض بصورة تلقائية في بعض مناطق العالم . ولحد الان لا توجد تقديرات مضبوطة لكميات الغاز المتوفرة ولهذا من الصعب تخمين عدد السنوات التي يستغرقها استهلاك الغاز في العالم حتى ينضب . ومن الطبيعي ان الغاز يوجد حنيا الى جنب النفط ولهذا يمكن الحصول على تخمين اولي لكميات الغاز الموجودة من تقديرات كميات النفط الموجودة حاليا . ويمكن القول بان معدل الارقام

المقبولة لتقدير الغاز الطبيعي حوالي 170 متر مكعب لكل برميل نفط . وعند استعمال هذا الرقم يمكن تحديد احتياطي الغاز الطبيعي  $10^{12} \times 340$  متر مكعب . ويتوقع ان يستغرق وقت نزوب الغاز الطبيعي نفس الوقت الذي يستغرقه نزوب النفط . وما ينطبق من حديث على استعمالات النفط ومشتقاته ينطبق كلها على الغاز الطبيعي . ويستعمل الغاز الطبيعي في تشغيل المعامل الصناعية والتدفئة والطبخ وللولدات.... الخ .

## 2 . 5 . طاقة المساقط المائية

توفر الطاقة من جراء سقوط المياه من ارتفاع ما بسبب قوة جاذبية الارض لتدوير مولدات الكهرباء . واستعملت هذه الطريقة في بداية القرن العشرين لتوليد الطاقة الكهربائية بطاقة هائلة . وساعد في توسع استعمال المساقط المائية لتوليد الطاقة الكهربائية انتشار شبكات نقل وتوزيع الكهرباء من المساقط المائية سواء كانت شلالات طبيعية أو سدودا صناعية منصوبة على منابع الانهار والبحيرات . واقتصرت بعض مناطق العالم في انتاج الطاقة الكهربائية على هذه الطريقة بسبب توفر المساقط المائية الطبيعية او الصناعية أو الاثنين معا . ومن اهم فوائدها انها تعتبر من احد مصادر الطاقة المتعددة . وتعتبر ايضا في الوقت الحاضر من مصادر الطاقة التجارية لتوليد الكهرباء . وتمتاز بعدم احداثها مضار جانبية . وتعد المساقط المائية من اهم مصادر الطاقة التي تحافظ على سلامة البيئة .

## 2 . 6 . الطاقة النووية

يمكن الحصول على الطاقة من جراء الانشطار النووي الذي يحدث في المفاعلات النووية . وشاع استعمال المفاعلات النووية التي تستخدم نظائر اليورانيوم المشعة  $^{235}\text{U}$  . وهذه النظائر موحودة بمحدود أقل من 1٪ من اليورانيوم الطبيعي . واول محطة نووية لتوليد الكهرباء قد تم تشغيلها عام 1957 في الولايات المتحدة الأمريكية . بعد ذلك انتشر استعمال هذه الطريقة بشكل واسع في جميع مناطق العالم وخاصة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية لسد حاجتها المتزايدة من الطاقة . وبسبب النتائج الخطيرة التي رافقت انفجار محطة شرنوبول النووية عام 1986 في الاتحاد السوفيتي سابقا ، اعيد التفكير حديا في بناء المحطات النووية . وعلى كل حال فان الخوف من المخاطر المحققة والعواقب الوخيمة التي تنجم عن هذه المحطات بسبب حدوث انفجار أو تسرب المواد المشعة ، ادى الى

تباطؤ انتشار بناء المحطات النووية بشكل ملحوظ في السنوات الأخيرة . وكذلك واجهت عملية بناء المحطات النووية معارضة شديدة وواسعة من كافة فئات المجتمعات المتوزعة على عموم الكرة الأرضية .

## 2 . 7 . مصادر طاقة متفرقة

هناك مصادر طاقة أخرى غير تجارية يمكن الحصول عليها في مناطق مختلفة من العالم . وتساهم هذه المصادر في سد احتياج الطاقة لنسبة عالية من سكان العالم قد تصل إلى أكثر من 50٪ من احتياج الطاقة في الدول الفقيرة . ويعتبر الخشب وفضلات الحيوانات والنباتات من أهم هذه المصادر التي تستعمل غالبا في عمليات التدفئة والطبخ والإضاءة . فالحصول على الخشب من قطع أشجار الغابات أدى إلى تقليل مساحة الأراضي الخضر وساعد ذلك على غزو الأراضي الجرداء وزحف التصحر على المناطق الزراعية . وتستعمل فضلات الحيوانات في عمليات توليد الغاز الحيوي في وحدات التوليد المتوزعة في المناطق الريفية النائية . ويستعمل الغاز الحيوي في أغراض الطبخ والإضاءة والتدفئة . ويؤدي استعمال هذه المصادر إلى إحداث أضرار جانبية وبيئية مختلفة .

## 2 . 8 . مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة

بدأ الاهتمام واضحا في كافة بقاع العالم بعد أزمة الطاقة عام 1973 بمصادر الطاقة البديلة الجديدة والمتجددة والدور الفعال الذي يمكن أن تساهم به في الوقت الحاضر وفي المستقبل عند نضوب النفط . وقد أقيمت المختبرات والمراكز البحثية المتخصصة لأجراء التجارب والبحوث النظرية والتطبيقية التي من شأنها أن تخلق تقنيات ملائمة ذات حدود اقتصادية وبيئية ، وتم توطين كافة الامكانيات المتاحة لهذا القطاع لغرض تحقيق الغاية المنشودة . ومن أهم أنواع مصادر الطاقات الجديدة والمتجددة واستخداماتها المختلفة التي شملها البحث والتطبيق بصورة واسعة هي :

### 2 . 8 . 1 . الطاقة الشمسية

سينم في فصل ( 5 ) التعرف بصورة مفصلة على الطاقة الشمسية وطرق قياسها والتقنيات المستخدمة في التطبيقات المختلفة . ويمكن تقسيم تقنيات استخدام الطاقة الشمسية في مجالين رئيسيين هما :

- التحويل الحراري للطاقة الشمسية
- التحويل الكهربائي للطاقة الشمسية ( الخلايا الشمسية )

## 2. 8. 2 . طاقة الرياح

تولد حركة الرياح نتيجة لامتناع اشعة الشمس من قبل عناصر الجو وسطح الارض وبسبب دوران الارض حول الشمس وحول نفسها . ان هذه الاسباب تولد سلسلة من عمليات التدفئة والتبريد فوق سطح الارض وتسبب ايضا حدوث تخلخل وفروق ضغط من منطقة الى اخرى ، مما يساعد على حركة الهواء على شكل تيارات هوائية على سطح الارض . ان الطاقة الكامنة في حركة الرياح كبيرة لا يستهان بها . ان الطاقة الكلية التي يمكن الحصول عليها من طاقة الرياح تعادل كمية الطاقة المستهلكة من النفط على سطح الارض في الوقت الحاضر ، بالإضافة الى ان طاقة الرياح طاقة نظيفة وحررة متوفرة للاستعمال .

ان المصاعب التي تواجه استخدام طاقة الرياح هي نفس المصاعب التي تواجه استخدام الطاقة الشمسية . ومن اهم هذه المصاعب :

- اختلاف معدلات طاقة الرياح باختلاف الموقع الجغرافي
- تحتاج الى محولة ميكانيكية كبيرة تسبب في فقدان جزء من الطاقة المجمعة
- تختلف معدلات طاقة الرياح المتوفرة خلال اليوم الواحد ومن فصل الى اخر
- ويتبين من المصاعب السالفة الذكر بان طاقة الرياح قد تكون غير متوفرة في بعض الاوقات . ولتأمين توفر الطاقة بصورة مستمرة وبدون انقطاع ، يتطلب استعمال احد انواع طرق تخزين الطاقة الاحتياطي .

استخدمت الرياح منذ القدم كأحد مصادر الطاقة الحركية التي تستعمل في عمليات طحن الحبوب وضخ المياه . وفي مطلع القرن الحالي زاد الاهتمام باستخدام طاقة الرياح في توليد الطاقة الكهربائية في المناطق التي تتوفر فيها سرعة رياح مناسبة لتشغيل مراوح ريحية لما لها من مردودات بيئية سليمة . وأخذ البحث والتطوير محالاً واسعاً لغرض الوصول الى تكنولوجيا تساهم بتوفير الطاقة الكهربائية بأسعار تنافس أسعار الطاقة الكهربائية الناتجة من حرق الوقود الأحفوري . ويمكن تعريف منظومات تحويل طاقة الرياح بأنها آلة تقوم بتحويل الطاقة الحركية الكامنة في الرياح الى طاقة كهربائية او الى طاقة ميكانيكية على هيئة حركة دورانية أو إزاحية أو ترددية ، وتعرف

منظومات تحويل طاقة الرياح بالمرآح الريحية أو المرآح الهوائية ، وتصنف الى نوعين حسب اتجاه محور دوراتها بالنسبة لاتجاه الرياح ومستوى سطح الأرض ، وهما مرآح رأسية المحور والأخرى أفقية المحور ، كما في الشكل (2 . 1) . كما يمكن تقسيم المرآح من حيث الاستعمال الى نوعين :

1 . مرآح تستخدم لضخ المياه مباشرة بتحويل الطاقة الحركية للرياح الى طاقة ميكانيكية لتشغيل مضخات مائية مثل المرآح الأفقية متعددة الريش القادرة على العمل في مناطق ذات سرع رياح منخفضة تتراوح بين 2 - 3 متر/ الثانية . وتتكون هذه المرآح من عدد كبير من الريش يتراوح من 12 - 24 ريشة تكون عادة على هيئة صفائح معدنية مزودة بدفة توجيه مثبتة خلف الريش ، وتتراوح أقطارها في الانواع الكبيرة من 5 - 8 متر . وتثبت المروحة الريحية على برج هيكلي مصنوع من الحديد يعتمد تحديد ارتفاعه على الموقع الجغرافي الذي سوف تركيب فيه المروحة . ونظرا لقوة العزم الكبيرة المتولدة من دوران المروحة فأنها تستخدم لضخ المياه بواسطة مضخات مكبسية .

2 . مرآح تستخدم لتوليد الكهرباء تتميز بسرور دوران عالية قادرة على تشغيل مولدات كهرباء . وينحصر عدد الريش في هذه المرآح من 1 - 4 ريشة . ويكون المقطع العرضي لها على هيئة جناح ، كما تحتاج الى تقنيات عالية في عملية التصنيع . ويعتبر هذا النوع من المرآح الأفقية المحور الأكثر انتشارا في العالم لما له من مزايا مثل خفة الوزن نسبيا خصوصا بعد ادخال استعمال الالياف الزجاجية في عمليات تصنيع الريش بدلا من المعدن . كما ان سرور دوراتها عالية نسبيا تسمح بتركيب مولدات كهربائية ذات مغناطيسيات صغيرة وملفات صغيرة كالتى تركيب في المرآح ذات السرور البطيئة . ان هذه المرآح مزودة بصندوق التحكم وعادة يكون توجيه الريش الى اتجاه الرياح عن طريق محركات موازنة تعتمد في تشغيلها على جهاز قياس اتجاه الرياح ومولد مقياس السرور الزاوية للرياح وبمجموعة من المقاومات ومضخم الجهد . ويبدأ محرك حركته بناء على فرق الجهد بين مولد مقياس السرور الزاوية والنظيرة . وعموما تصنف هذه المرآح حسب القدرة الناتجة منها الى مرآح صغيرة الحجم قدرتها اقل من 100 كيلوواط . وتستخدم عادة في تطبيقات منفصلة او مع مولدات الاحتراق الداخلي في توفير الطاقة لاحتياجات محدودة . والمرآح المتوسطة الحجم قدرتها من 100 الى 550 كيلوواط ، وهذه الاحجام قد اثبتت جدواها الاقتصادية . واقيمت العديد من المزاور الريحية من هذا النوع في مختلف انحاء العالم لتوليد الكهرباء . اما النوع الثالث

يعرف بالمراوح العملاقة قدرتها اكم من 550 كيلواط ، كما في الشكل ( 2 . 2 ) ، و يوضح الجدول ( 1 . 2 ) للمراوح العملاقة المركبة في العالم .

ولفرض معرفة كفاءة أداء المراوح للموائية يمكن استعمال المخطط البياني الذي يربط العلاقة بين معامل الاداء ( Cp ) على المحور الصادي ونسبة السرعة الرأسية ( U/V<sub>∞</sub> ) على المحور السيني . ويوضح الشكل ( 2 . 3 ) كفاءة الاداء لبعض انواع المراوح . ويعرف معامل الاداء بالمعادلة التالية :

$$(Cp) = \frac{P}{\rho A V_{\infty}^3} = \frac{P}{\rho A V_{\infty}^3} \dots\dots (1.2)$$

$$P_{max} = \frac{1}{2} \rho A V_{\infty}^3$$

حيث ان

P الطاقة المتولدة من المروحة ( W )

P<sub>max</sub> الطاقة الكلية الكامنة في الرياح ( W )

ρ كثافة الهواء في درجة حرارة الهواء عند قياس سرعته ( kg / m<sup>3</sup> )

A مساحة دوران الريشة ( m<sup>2</sup> )

U سرعة الدوران على راس الريشة ( m/s )

V<sub>∞</sub> سرعة الرياح ( m/s )

وتركزت المشاريع الكبيرة لاستغلال طاقة الرياح باقامة مزارع ريحية تستخدم مراوح متوسطة الحجم في كثير من دول العالم مثل أمريكا والدنمارك وهولندا التي تعتبر من الدول النشطة في العالم في مجال طاقة الرياح ويوضح الجدول ( 2 . 2 ) المزارع الريحية المركبة في هذه الدول . ولتفادي تكاليف تخزين الطاقة فقد تم ربطها بالشبكة الكهربائية العامة .

وبفضل هذه المشاريع بلغ انتاج العالم للطاقة المولدة بالرياح لسنة 1992 نحو 4.3 بليون كيلواط/ساعة منها 67% تحققت في المزارع الريحية للمقامة في الولايات المتحدة ، فقد بلغ انتاجها 2.8 بليون كيلواط/ساعة ، وحوالي واحد بليون كيلواط. ساعة لدول اوروبا مجتمعة . كما ان العديد من دول العالم وضعت سياسة مستقبلية تستهدف زيادة سعة الطاقة المتولدة بالرياح كما مبين في الجدول ( 2 . 2 ) الذي يوضح طاقة الرياح المركبة والمستهدفة في هذه الدول .

واستعملت مصر في بداية التسعينات مزارع الرياح على ساحل البحر الاحمر لتوليد الطاقة الكهربائية . وتجري حاليا العديد من التحارب لانشاء المزارع الريحية في البحر بالقرب من الساحل على أعماق بسيطة ، وذلك ببناء قواعد خرسانية خاصة قادرة على تحمل مياه البحر ، ويكون اسفل برجها في مستوى أعلى من مستوى سطح المياه ، ومن هذه التحارب وجد أن تكلفة التشغيل والصيانة أعلى من التريينات المركبة على اليابسة بحوالي 30% .

## 2 . 8 . 3 . طاقة الكتلة الحيوية

هي الطاقة الناتجة من تسخ النباتات والفضلات الحيوانية ويمكن أن تكون مصدرا للطاقة وذلك عن طريق استخدام تقنيات التحويل الكيميائي الحراري أو التحويل الحيوي . وأن الطرق الكيميائية الحرارية قد تكون أكثر ملائمة وكفاءة في تحويل المواد السيليلوزية الى طاقة . ومن الطرق الحيوية وبالاخص منها الهضم يعتبر الوسيلة الأكثر كفاءة في تحويل المواد العضوية الرطبة لانتاج الغاز الحيوي بالإضافة الى إمكانية إعادة استخدام المواد العضوية المتبقية كسماد للأرض . وتساهم أيضا في حماية البيئة . أما الأبحاث القائمة في هذا المجال فقد سخرت لتطوير تقنيات الإنتاج والتحويل الناححة أو المحاولة لأيجاد طرق جديدة لانتاج الغاز الحيوي . وقد استخدمت الطاقة الناتجة من الغاز الحيوي في المناطق الريفية للأغراض المنزلية في الطبخ والإنارة غالبا وفي توليد الكهرباء والتدفئة وتسخين المياه في المدن والمصانع وتشغيل محركات الاحتراق الداخلي .

ويعود تاريخ اكتشاف هذا المصدر الى عصور قديمة جدا قد تكون مع بداية اكتشاف الإنسان للنار حيث كان الخشب هو المصدر الرئيسي للطهي والتدفئة . ولايزال وقود الخشب يمثل المصدر الرئيسي للطاقة لحوالي خمس سكان العالم ويوفر هذا المصدر أكثر من 80٪ من احتياجات بعض دول العالم الثالث من الطاقة .

أما الفضلات العضوية فقد استخدمت منذ عقود في توليد الطاقة عن طريق الحرق المباشر بعد التخفيف ولكن هذه الطريقة تحرم الأراضي الزراعية من السماد العضوي مما يؤثر سلبا على الإنتاج الزراعي حيث قدر ان حرق طن من الفضلات الحيوانية يسبب خسارة تقدر بحوالي خمسين كيلو غرام من الجيوب ولتفادي هذه المشكلة تم الاعتماد على تقنية إنتاج الغاز الحيوي يعني أساسا غاز الميثان ( $CH_4$ ) الذي نحصل عليه نتيجة لعملية الهضم أو التخمير التي تتعرض لها المواد العضوية بدون وجود أكسجين . وعملية التخمير هذه هي عبارة عن تكسير المواد العضوية التي تحتويها مواد بيولوجية

( محضرات ، مخلفات ، غلال ، قمامة ، فضلات حيوانية ) هذه المواد العضوية تتمثل أساسا في المواد السكرية ، بروتينات وأحماض دهنية . ويقوم بتكسير هذه المركبات نوعان من البكتيريا يكمل بعضها عمل البعض الآخر ، كما يوضح الشكل ( 2 . 4 ) مراحل عملية الهضم .

### - المعدات المستعملة لتصنع الغاز الحيوي

تستعمل في هذه التقنية اوعية خاصة تنسم فيها العملية في ظروف ثابتة من حموضة ودرجة حرارة ، حيث تخلط بحكمة من الماء كما تستقر بعد استيفائها عملية التخمير داخل حوض تفريغ لاستعمالها فيما بعد . ويوضح الشكل ( 2 . 5 ) بعض نماذج الأوعية المستعملة ومكوناتها الأساسية .

#### 1. المفاضم

هو عبارة عن حوض اسطواني أو كروي الشكل ، مغلق بإحكام لمنع التسرب سواء عارج المفاضم أو داخله حيث تقع عملية هضم المواد الأولية في ظروف ثابتة من حيث أن درجة الحرارة تكون (  $33^{\circ}\text{C}$  -  $35^{\circ}\text{C}$  ) والحموضة ( 5 . 6 - 5 . 7 ) وتؤدي مهمة الهضم بمجموعتان من البكتيريا تكسر الأولى منها المواد العضوية المعقدة الى مركبات بسيطة بينما تقوم المجموعة الثانية بتحويل هذه المركبات البسيطة الى غاز الميثان وثنائي أكسيد الكربون ، وأنواع المفاضم المستعملة بعدة بلدان من العالم ( الهند ، الصين ، مصر والسودان ) تختلف أساسا في تقنية بنائها ، فمنها ذات السقف الثابت حيث يتغير الضغط داخلها بتغير كمية الغاز المنتج ، وتكون ذات سقف عائِم يكون الضغط ثابتا نتيجة تغير حجم المفاضم .

#### 2 - حوض الامداد

هذا الحوض مهيأ لاستقبال المواد الأولية ومزجها بالماء داخله اذا دعت الحاجة الى ذلك .

#### 3 - حوض للتفريغ

هذا الحوض معد لاستقبال الكمية الفائضة من المواد التي استكملت عملية الهضم ، كما تحدث داخل هذا الحوض أحيانا عملية فصل المواد الصلبة عن الماء ، أو تخفيفها داخله اذا دعت الحاجة الى ذلك .

#### 4 - المواد الأولية المستعملة لانتاج الغاز الحيوي

ان المواد الأولية المستعملة لانتاج الغاز الحيوي تختلف من ناحية النوع والمصدر إذ انها تحتوي على بعض العناصر الضرورية لانتاج الغاز الحيوي ، وهي : السكريات والبروتينات والأحماض الدهنية . وهذه المواد تؤثر تأثيرا مباشرا في نسبة الغاز الحيوي النهائية المنتجة . ويعرض الجدول ( 2 . 3 ) بعض المواد الأولية الممكن استعمالها لانتاج الغاز الحيوي .



ان تقنية انتاج الغاز الحيوي هي ليست بالجديدة فقد عرفت منذ حوالي ثلاثة قرون وحلال الخمسين سنة الأخيرة تم تطوير هذه التقنية لمعالجة مياه المجاري فمثلا وصل عدد وحدات تنقية مياه المجاري في ألمانيا الى 48 وحدة وكان إنتاج الغاز العضوي من هذه المحطات 16 مليون متر مكعب أستخدم منه 3.4 ٪ لتوليد الطاقة ، 16.7 ٪ لتدفئة المااضمات ، 28.5 ٪ تمت تغذيتها في شبكة غاز المدن و 51.4 ٪ حولت الى وقود للعربات . وفي ألمانيا كذلك تم إنشاء مشروع متكامل لتوليد الطاقة في إحدى الجزر من الخلايا الشمسية والرياح والغاز الحيوي من فضلات المجاري بقدرة 420 كيلواط . أما في روسيا فقد أنشأت محطة لتوليد الغاز الحيوي من النفايات الصلبة المجمعة من مدينة موسكو تستوعب 8000 مترا مكعبا من النفايات وتعطي 12000 مترا مكعبا من الغاز الحيوي . وكذلك أنشئ بناء وحدات صغيرة لإنتاج الغاز الحيوي في ثلاثين دولة من دول العالم الثالث . ويقدر عدد الوحدات في الصين حوالي ثمانية ملايين وحدة وفي الهند حوالي 10000 وحدة وكوريا 60000 وحدة . أما في السدول العربية التي أولت هذا الموضوع الأهتمام فهي مصر والمغرب وسوريا والأردن وتونس والعراق والجزائر والسودان واليمن وأنشأت هذه الوحدات الصغيرة لتوليد الغاز في المناطق النائية والريفية . كما أن لبعض الدول برامج تطوير هذه التقنية مثل الفلبين ، باكستان وتايلند . يوضح الشكل ( 2 . 6 ) مشروعا متكاملا لتوليد الغاز الحيوي .

إن تقنية الغاز الحيوي يمكن إستعمالها لإستغلال أمثل للفضلات البشرية والحيوانية سواء على مستوى مدينة أو مزرعة وتحقيق الإكتفاء الذاتي المستمر من الوقود وكذلك من الإسمدة العضوية ، كما أن تقنية الغاز الحيوي لها مزايا أخرى وهي :

1. لا تحتاج إلى مساحات كبيرة لإقامة مشروع توليد الغاز الحيوي
2. لا تحتاج إلى تكاليف باهضة وأجهزة لإنشاء المشروع
3. سهولة التشغيل
4. توفر المواد الأولية
5. سهولة الحصول على طاقة بديلة ميدانيا
6. المحافظة على سلامة البيئة
7. توفير سماد عضوي مهم لتسميد الأراضي الزراعية
8. إحدى الوسائل التي تساعد على تقدم المجتمعات الفقيرة

## 2 . 8 . 4 . المياه الجيوحرارية

لقد حرت في معظم دول العالم خرائط لتحديد مواقع وحصر كميات ودرجات حرارة مصادر المياه الحرارية الجوفية والمياه المعدنية الحارة ( الجيوحرارية ) . واقيمت دراسات ومشروعات تطبيقية عديدة من جهات حكومية وشركات خدمية لاستغلال الحرارة الجوفية والمياه المعدنية الحارة لأغراض التدفئة والاستعمالات المنزلية والخدمية المختلفة .

يمكن تقسيم مصادر الطاقة الجيوحرارية على أساس علاقة الوسط الناقل للحرارة "الماء او البخار" بالمصدر الحراري من باطن الأرض الى ثلاثة اقسام :

- القسم الاول : وهو الأكثر شيوعا واستعمالا ، تكون فيه المياه الساخنة في وسط صخري مسامي ونفاذ ، وبذلك يكون من الممكن لهذه السوائل الصعود الى السطح لتكوين الينابيع الساخنة وغيرها من الظواهر الدالة على وجود الطاقة الجيوحرارية .

- القسم الثاني : تكون فيه السوائل محبوسة داخل وسط صخري مسامي وغير نفاذ وهذه تكون عادة على اعماق بعيدة وتحتاج غالبا الى عمليات حفر لتخرج الى سطح الأرض .

- القسم الثالث : تكون فيه المياه غير موجودة ولكن وجود الوسط الصخري مرتفع درجات الحرارة ، يحتاج الى ضخ المياه واعادة استقبالتها ساخنة ويسمى موقع صخري جاف ساخن ( Hot Dry Rock ) .

### - تطبيقات طاقة الجيوحرارية

مهما يكون نوع المصدر الحراري فان الاستخدام لابد ان يكون بانتقال الحرارة عن طريق الوسط السائل الساخن وهي المياه او الابخرة الساخنة ، ويمكن استخدام الطاقة الجيوحرارية على نوعين :

- استخدام غير مباشر

وهو الاهم والاقل شيوعا وفيه تستعمل المياه والابخرة الساخنة في تدوير المولدات لتوليد الكهرباء . ويستلزم هذا النوع درجات حرارة عالية لاتقل عن 120 درجة مئوية ويسمى نظام من درجة عالية ( High Grade System ) . يوضح الشكل ( 2 . 7 ) عطة توليد الطاقة الكهربائية باستخدام حرارة المياه الجوفية .

## - استخدام مباشر

وهنا تستخدم المياه الساخنة مباشرة في الكثير من الاغراض مثل التحفيف ، التسخين ، التدفئة ، الاستحمام ( العلاج الطبيعي ) ، مزارع السمك ، زراعة الفطر ( Mushroom ) ، التحلية ، انتاج المعادن والكيماويات . اما مدى درجة الحرارة في الاستخدام المباشر فهو بين 20 - 150 درجة مئوية .

## استعمالات المياه الجيولوجية

تستخدم طاقة الجيولوجية في المياه الحارة بدرجة حرارة 149 مئوية للمستخرجة من 17 بعرا لتجهيز الماء الحار الى مصنع سكر البحر في الولايات المتحدة . وكذلك استخدمت في تدفئة المباني في ولاية داكوتا الامريكية وكندا وفي مناطق متفرقة من العالم . وكانت من اهم المشاريع التطبيقية للمياه الجيولوجية في توليد الكهرباء في كل من ايطاليا ، نيوزلندا ، الفلبين ، امريكا ، اليابان ، البرتغال ، تركيا ، السلفادور ، روسيا والصين . وكذلك تستخدم في تدفئة البيوت الخضر ( الصوبات الزراعية ) والعلاج الطبيعي في مناطق عديدة من العالم . ونذكر منها في العالم العربي العراق ، الجزائر ، تونس ، الجماهيرية الليبية ومصر على نطاق ضيق جدا

ان المردودات الاقتصادية التي حققتها استعمالات المياه الجيولوجية في المجالات المختلفة أصبحت من احد الاساسيات المهمة التي تؤخذ بعين الاعتبار عند التخطيط لوضع التصميم الاساسي لتوزيع وانشاء المدن والمجمعات السكانية الجديدة . ولا زالت الابحاث جارية في هذا الموضوع للوقوف على اساسيات ومحددات الجدوى الاقتصادية .

## 2 . 8 . 5 . انتاج الهيدروجين

الهيدروجين غاز موجود بوفرة في الكون ، فهو يكون ثلاثة ارباع الكون ويشكل الهيدروجين 75% من مكونات الشمس . يعتبر الهيدروجين من العناصر الأساسية في تركيب جزيء الماء ، بينما نسبة وجوده في الطبيعة كعنصر حر قليلة جدا .

ان فكرة استخدام الهيدروجين كحامل للطاقة ليست جديدة ، ففي سنة 1780 انتج اول مرة غاز مكون من 50% هيدروجين ، 40% اول اكسيد الكربون وآثار لبعض الغازات الاخرى . وقد توقف استخدام هذا الغاز في الستينات فقط ، حيث استبدل بالغاز الطبيعي . وقد تنبأ العالم الفرنسي جول فرن 1874 في كتابه " جزيرة الالغاز " بان الماء سيستخدم وقودا في المستقبل ، واقترح تحليل الماء

في خلايا التحليل الكهربائي لانتاج الهيدروجين والاكسجين ، ومن ثم استخدام الهيدروجين منفردا مع الاكسجين للحصول على مصدر لا ينضب من الطاقة وبالتالي حل مشاكل الطاقة المستقبلية .

فالهيدروجين يمتلك اصفر ذرة كما انه اخف العناصر كثافة وهو قابل للاشتعال ويمكن اسالته بالضغط والتبريد ، ويدخل الهيدروجين في تركيب مواد كيميائية كثيرة من اهمها الماء ، والمركبات العضوية التي تكون الاحسام الحية من نباتات وحيوانات . فهو يتحد مع الكربون لتكوين المواد الهيدروكربونية . كما يتحد مع الكاربون وعناصر اخرى مثل الاكسجين والنزوجين والحديد والمغنسيوم والكبريت والفسفور ليكون مركبات حيوية عديدة . اما وجوده كعنصر منفرد فهو نادر على سطح الارض . وغاز الهيدروجين من اكثر الغازات وفرة في الكون ولكن الغلاف الجوي يفتقر لوجوده كعنصر طليق . ويوجد بنسبة قليلة متحدا مع بعض العناصر على هيئة مركبات في القشرة الارضية . ويوجد بنسبة عالية متحدا مع الاكسجين في الماء الذي يملأ البحار والمحيطات . لذلك تعتبر المياه المتوفرة في البحار والمحيطات المصدر الرئيسي لوقود المستقبل . وحرق الهيدروجين للحصول على طاقة حرارية لا ينتج عنه سوى الماء واستخدامه في مولدات الطاقة الكهربائية ( خلايا الوقود ) من انظف واكفأ الانظمة المستخدمة في الوقت الحاضر ، حيث يتأكسد الهيدروجين ويختزل الهواء او الاكسجين في هذه الخلايا بعد عزل كل منها على اقطاب مسامية خاصة . وعند سريان الالكترونات في دائرة كهربائية خارجية يتم الحصول على طاقة كهربائية .

للهدروجين دور مهم في انتاج الغذاء والطاقة والماء التي هي من الاساسيات الضرورية للحياة . بدأت فكرة استخدامه كمصدر ثاني للطاقة منذ بداية القرن العشرين وذلك بعد انتاجه بتحليل الماء الى عنصري الاكسجين والهيدروجين . وتعتبر طريقة التحليل الكهربائي باستخدام الطاقة الشمسية من انسب واسهل الطرق المستخدمة حاليا . وتستخدم تقنيات اخرى لانتاج الهيدروجين سيتم التحدث عنها لاحقا .

### طرق انتاج الهيدروجين

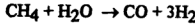
يعتبر الهيدروجين مصدرا مغريا لطاقة نظيفة . واغلب الهيدروجين المستخدم حاليا ينتج من النفط او الغاز الطبيعي بواسطة تهذيب البخار او الاكسدة الجزئية ولكن الهيدروجين المنتج من تفكك الماء يعتبر انقى وافضل من ناحية التلوث البيئي وخاصة عند استخدام مصدر اولي نظيف للطاقة مثل الطاقة الشمسية . ويمكن انتاج الهيدروجين باحدى الطرق التالية :

## 1 . انتاج الهيدروجين من الوقود الاحفوري

في الوقت الحاضر يتم انتاج الهيدروجين في اغلب الدول المتتحة للهيدروجين من الوقود الاحفوري والماء كمواد خام وباستخدام طاقة مولدة من الوقود الاحفوري ، حيث يتم احتزال الماء الى هيدروجين بواسطة الكربون او اول اكسيد الكربون وتأكسد المواد الهيدروكربونية جزئيا الى ثاني اكسيد الكربون ويصل انتاج الهيدروجين في العالم يوميا الى 4.5 مليون مـ مكعب ، منها 48% بواسطة النفط ، 30% بواسطة الغاز الطبيعي و10% من الفحم . ويمكن انتاج الهيدروجين بواسطة الطرق التالية :

### 1 . 1 . اعادة تشكيل البخار ( او تهذيب البخار ) عن طريق وسيط

وهي احدى الطرق المنتشرة الاستخدام منذ عدة عقود من الزمن لانتاج الهيدروجين واكفاً الطرق واكثرها اقتصادا . وتشمل هذه الطريقة تحويل المواد الهيدروكربونية وبخار الماء الى هيدروجين واكاسيد الكربون بالتحفيز . وتستخدم في هذه الطريقة المواد الهيدروكربونية الخفيفة مثل الميثان والثافتا والتي يمكن ان تبهر دون ان تتفكك الى الكربون . ويكون 50% من الهيدروجين المنتج بهذه الطريقة من بخار الماء في حالة استخدام الميثان و64.5% في حالة استخدام الثافتا . ولإطالة عمر العامل المساعد ، يجب ازالة الكبريت من المواد الهيدروكربونية قبل عملية التهذيب ثم يمرر بخار الماء ويتم التفاعل على عامل مساعد من النيكل بداحل انايب معدنية يظلب عليها الحديد الصلب . وعادة ماتكون نسبة الغازات الناتجة ( بالحجم ) من هذا الغاز الصناعي هي 74% هيدروجين ، 18% اول اكسيد الكربون ، 6% ثاني اكسيد الكربون و2% ميثان . وبعد الانتهاء من عملية التهذيب يمرر الغاز الناتج في منظومة لانتاج كمية اكبر من الهيدروجين وتحويل اول اكسيد الكربون الى ثاني اكسيد الكربون .



ثم يمرر أغاز الناتج في وحدة تنقية لازالة اول اكسيد الكربون وثاني اكسيد الكربون وبعض الشوائب الاخرى وذلك للوصول الى درجة معينة من نقاوة غاز الهيدروجين التي تصل 97 الى 98% .

## 1 . 2 . انتاج الهيدروجين عن طريق الاكسدة الجزئية

تعتمد هذه الطريقة اساسا على تحويل البخار والاكسجين والسواد الهيدروكربونية الى هيدروجين واكاسيد الكربون . ويتم هذه العملية عند ضغط مرتفع نوعما ، مع / او بدون عامل مساعد محتملة على المواد الاولية او الوقود المستخدم والطريقة المستخدمة . فمثلا طريقة الاكسدة الجزئية بوجود عامل مساعد تتم عند درجة حرارة 590 درجة مئوية وتستخدم مواد اولية مثل الميثان والناثا . اما طريقة الاكسدة الجزئية بدون عامل مساعد فتتم عند درجات حرارة مرتفعة نوعما من 1150 - 1315 درجة مئوية وتستخدم فيها مواد هيدروكربونية تتراوح من الميثان الى الزيوت الثقيلة او الفحم . عندما يستخدم الفحم يتم تغييره ( Coal Gasification ) ولما كانت نسبة الهيدروجين الى الكربون منخفضة في حالة استخدام المواد الهيدروكربونية الثقيلة نجد ان جزءا كبيرا من الهيدروجين في هذه الطريقة يأتي من بخار الماء وبالتالي الحصول على نسبة كبيرة من اكسيد الكربون في الغاز الناتج . وتصل نسبة الهيدروجين المنتج من الماء 69% عند استخدام الزيوت الثقيلة بينما تصل 83% في حالة الفحم . وتشابه هذه الطريقة مع الطريقة السابقة في مراحلها حيث تتم على ثلاث مراحل ايضا وهي : توليد الغاز الصناعي ، تفاعل الماء والغاز وتنقية الغاز . ففي مرحلة توليد الغاز ، تتم اكسدة المواد الهيدروكربونية جزئيا بالاكسجين وتحويل اول اكسيد الكربون عن طريق بخار الماء وينتج بالتالي الهيدروجين . ولما كان من الصعب ازالة النروجين عن غاز الهيدروجين لانتاج غاز نقي ، لذلك يجب استخدام اكسجين في عملية الاكسدة الجزئية بدلا عن الهواء الجوي . وعادة ما تكون نسبة الغازات الناتجة كالآتي 46% هيدروجين ، 46% اول اكسيد الكربون ، 6% ثاني اكسيد الكربون ، 1% ميثان و 1% نروجين وارغون . ويتم معالجة الغاز الناتج بنفس الطريقة السابقة في تقويم البخار اي مرور الغاز الناتج في وحدة تحويل الغاز لانتاج الهيدروجين الى ثاني اكسيد الكربون ثم تنقية غاز الهيدروجين من اي شوائب او غازات .

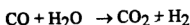
## 1 . 3 . انتاج الهيدروجين بتفويخ الفحم ( Coal Gasification )

يؤكسد الفحم المسحوق جزئيا بواسطة الاكسجين وبخار الماء عند الضغط الجوي ويتكون الغاز الصناعي الناتج من النسب التالية : 29% هيدروجين ، 60% اول اكسيد الكربون ، 10% ثاني اكسيد الكربون ، 1% ارجون ونيروجين . توجد هذه الغازات وتمرر في وحدة تحويل الغاز لتحويل

اول اكسيد الكربون الى ثاني اكسيد الكربون وايضا زيادة كمية الهيدروجين وبهذا يبقى غاز الهيدروجين من الشوائب وتصل درجة نقاوة غاز الهيدروجين في هذه العملية 97.5% .

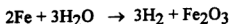
#### 1 . 4 . طريقة تحويل اول اكسيد الكاربون

وفيها يتم تفاعل اول اوكسيد الكربون مع بخار الماء تحت ظروف الضغط الجوي وعند درجات حرارة تتراوح من 200 - 250 درجة مئوية في حالة التفاعل المنخفض الحرارة او عند 350 - 500 درجة مئوية في حالة التفاعل المرتفع الحرارة ، حيث يضاف اكسيد الكروم لتحفيز التفاعل . وتكون نسبة غاز الهيدروجين الناتجة من التفاعل مرتفعة مقارنة بالطرق السابقة اذ تبلغ 70 - 90% بالحجم . اما بالنسبة لثاني اكسيد الكربون فهي من 10 - 30% وذلك حسب التفاعل التالي :



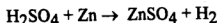
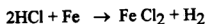
#### 2 . انتاج الهيدروجين بتفاعل الحديد مع بخار الماء

وتتلخص هذه الطريقة في تفاعل بخار الماء مع الحديد الساخن 450 درجة مئوية لانتاج غاز غني بالهيدروجين واكاسيد الحديد . عادة ما يتم الحصول على غاز غني بالهيدروجين ( هيدروجين واول اكسيد الكربون ) باحد الطرق السابقة وخاصة طريقة تغويز الفحم ، حيث يمرور هذا الغاز مع بخار الماء على اكاسيد الحديد ، الناتجة من تفاعل بخار الماء مع الحديد الساخن ، فينتج الهيدروجين وتزداد كميته ويتحول اول اكسيد الكربون الى ثاني اكسيد الكربون ويختزل اكاسيد الحديد الى حديد ، وتتم العملية على اربع مراحل هي : تغويز الفحم ، اعادة توليد الحديد ، انتاج الهيدروجين وتنقية غاز الهيدروجين حسب التفاعل التالي :



#### 3 . انتاج الهيدروجين بالتفاعل الكيميائي

يتم انتاج الهيدروجين بتفاعل حامض مع احد المعادن مثل الحديد والمغنيسيوم والالانسيوم حسب التفاعل التالي :



#### 4 . التحليل الكهربائي للماء

تحتوي طريقة التحليل الكهربائي للماء المفضل الطرق لانتاج الهيدروجين ومصدر الطاقة المحددة لذلك فهي لا تعتمد على الوقود الاضروي كمصدر للطاقة . ومع ان هذه الطريقة ليست مناسبة للطرق السابقة اقتصاديا الا ان لها عدة مميزات منها ان غاز الهيدروجين الناتج ذو نقاوة عالية تفوق 99% واكثر الطرق كفاءة ومرونة في التشغيل . ولما كان الهيدروجين يرتبط مع الاكسجين في جزيء الماء ارتباطا وثيقا فانه يتطلب قدرا من الطاقة لفك هذا الارتباط . وفي هذه الطريقة يتم فصل الماء الى عنصره الهيدروجين والاكسجين عن طريق امرار تيار كهربائي مستمر بين قطبين مغمورين في محلول أيوني موصل للتيار الكهربائي . وتتكون عطة انتاج الهيدروجين من عطة تنقية للماء ، محلل كهربائي ، فاصل للغاز ، محول تيار ، منظم ، مقوم تيار و آلة ضغط الغازات . اما خلية التحليل الكهربائية فهي تتكون من قطبين مغمورين في محلول ألكتروليتي حامضي او قاعدي ( غالبا ما يكون قاعديا ) ويفصل القطبين حاجز او غشاء نصف نافذ . وعند توصيلهما بمصدر تيار كهربائي مستمر بفرق جهد 1.48 فولت تقريبا تحت ظروف حوية طبيعية من حرارة وضغط ، يتفكك الماء الى عنصره الهيدروجين والاكسجين . فيتحلل الهيدروجين عند القطب السالب والاكسجين عند القطب الموجب كما موضح في الشكل ( 2 . 8 ) . وبصورة عامة يمكن استخدام هيدروكسيد الصوديوم او هيدروكسيد البوتاسيوم كمحلول أيوني للخلية . ومن مميزات محلول هيدروكسيد البوتاسيوم انه اكثر ايسالية للكهرباء من محلول هيدروكسيد الصوديوم . واقل اذابة لغاز ثاني اكسيد الكربون الذي يسبب تلوثا ويخفض قابلية توصيل المحلول الايوني عما لمحلول هيدروكسيد الصوديوم .

#### 5 . استخدام التحليل الكهربائي لماء البحر

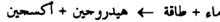
نظرا لانتشار البحار والمحيطات على سطح الكرة الارضية ، ربما يكون من المجددي التفكير في استخدامها لانتاج الهيدروجين ويمكن تقليل كلفة انتاجه ، حيث سيتم الاستغناء عن وحدات التحلية التي تستعمل في محطات انتاج الهيدروجين لتوفير الماء النقي للمحلل الكهربائي . ولكن من عيوب هذا النوع من الخلايا المشاكل المتعلقة بالتآكل والتلوث ومعالجة النواتج مثل الكلور الذي يعتبر ساما . هناك بعض المواد غير ذائبة التي تتكون عند القطب السالب وتعمل على تقصير عمره . لذلك يجب العمل على حل هذه المشكلة قبل الاقدام على استخدام هذه التقنية . وقد احرست عدة اجحات



ودراسات في هذا المجال لامكانية استخدام هذه التقنية لانتاج الهيدروجين والعمل على حل هذه المشاكل

## 6 . انتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة الشمسية

ان المشاكل التي يعانيها العالم اليوم من حراء استخدام الوقود الاحفوري ، سواء كانت بيئية او محدودية مخزون هذا الوقود ، تحتم انتاج الهيدروجين بوسائل اخرى لاتعتمد على الوقود الاحفوري كمادة خام ولا كمصدر للطاقة لانتاجه . فمصادر الطاقة المتاحة الاخرى هي الطاقة النووية والشمسية ( في اي الشكل من اشكالها ) والمادة الخام هي الماء ، والتفاعل بشكل عام :



ويمكن انتاج الهيدروجين باستعمال الطاقة الشمسية عند استخدام الطرق المباشرة او غير المباشرة لتحويل الطاقة الشمسية . فمن التقنيات المستخدمة في الطرق المباشرة لتحويل الطاقة الشمسية هي التحليل الحراري المباشر ، التحليل الكيمياءحراري ، التحليل الضوئي ، ويشمل التحليل الضوئي الحيوي ، التحليل الضوئي بالحفز ، التحليل الكهروضوئي والتحليل الضوئي الكيمياءحراري . كما توجد طرق اخرى لتحويل الطاقة الشمسية يتم فيها تحويل الاشعاع الشمسي الى كهرباء ومن ثم استخدام الكهرباء الناتجة لتحليل الماء في الخلل الكهربائي . ومن الطرق غير المباشرة لتحويل الطاقة الشمسية الذي يولد فيها طاقة كهربائية عبر عمليات ميكانيكية هي طاقة الرياح ، تحويل الطاقة الحرارية في المحيطات ، طاقة الامواج والقوى المائية ( او المساقط المائية ) . يوضح الشكل (2 . 9) الطرق المباشرة وغير المباشرة لتقنيات تحويل الطاقة الشمسية وتقنيات انتاج الهيدروجين . بينما يوضح الجدول (2 . 4) الحالات التي وصلت لها تقنيات تحويل الطاقة الشمسية وتقنيات انتاج الهيدروجين .

ويعتبر الهيدروجين أكثر المصادر ملائمة وتوفر فيه معظم الصفات المرغوبة في الوقود المراد استخدامه بدلا من النفط كما ان كفاءة تحويله تفوق كفاءة مصادر الوقود الأخرى . فمثلا للهيدروجين ثلاثة أمثال الطاقة التي يحويها نفس الوزن من الجازولين ، كما انه يشتعل عند درجات حرارة أقل بكثير من التي يشتعل فيها الجازولين ، ولما كان وزن الهيدروجين أخف من الهواء ، فإن

نواتج احتراقه تصعد بسرعة الى اعلى بينما نواتج احتراق الجازولين تبقى قريبة من السطح ، ويمكن تحويل طاقة الهيدروجين الى طاقة ميكانيكية أو كهربائية أو حرارية . وقد أكدت الدراسات والبحوث بأن الهيدروجين يتميز بكفاءة عالية عند استخدامه في محركات الاحتراق الداخلي . بالإضافة الى ذلك يمكن تحويل طاقة الهيدروجين الى طاقة كهربائية في خلايا الوقود بكثافة أكثر من محطات الطاقة الحرارية .

### استخدام الهيدروجين

يستخدم الهيدروجين في الأغراض المختلفة المنزلية والصناعية والتجارية ووسائل المواصلات كبديل لمصادر الوقود الأحفوري فمثلا يستخدم في الصناعات الكيميائية والبتروكيميائية وإنتاج الأسمدة المعصبة والمواد الإلكترونية (بلورات السيلكون) ، كما انه يستخدم كوقود لمعظم المحركات وكذلك مركبات الفضاء .

كذلك يمكن تحويل طاقة الهيدروجين الى طاقة حرارية واستخدامها في التسخين والتبريد في المباني ، كما انه يستخدم في تخزين ونقل الطاقة ، ان الفوائد المستفاد من استخدام الهيدروجين جعلت مردوداته الاقتصادية والبيئية متميزة .  
ومن اهم المشاريع القائمة فى العالم لتوليد الهيدروجين على سبيل المثال :

في سنة 1988 تم البدء في تنفيذ مشروع تجريبي بقدرة 10 كيلوواط في مدينة Stuttgart بالمانيا الاتحادية . مشروع تجريبي (ألماني - سعودي) بقدرة 350 كيلوواط في المملكة العربية السعودية وذلك لتوليد كمية من الهيدروجين تبلغ 170000 متر مكعب/سنة باستخدام الطاقة الشمسية كمصدر للطاقة . وكذلك مشروع (Solar - Wasser Stoff - Bayeer) في مدينة (Ncon Vorm) بالمانيا الاتحادية ، وذلك لتوليد الهيدروجين الشمسي ( 430 KWP ) والقدرة الكهربائية الناتجة 210 كيلوواط ، ويتم تخزين الهيدروجين في عزانات مضغوطة (30 بار ) ( 5000 متر مكعب هيدروجين ، 300 متر مكعب أكسجين ) ويستخدم الهيدروجين الناتج على النحو التالي :

- 4 كيلوواط كطاقة حرارية للتدفئة ( الاحتراق المعجل Catalytic Combustion )

- 40 كيلوواط كطاقة حرارية لعدد (2) غلاية ( Boilers )

- عملية وقود لتحويل الهيدروجين الى كهرباء بقدرة 108 كيلواط  
- محطة وقود سائل للهيدروجين لاستخدامها للسيارات .  
وأيضاً مشروع توليد الهيدروجين بالمساقط المائية في مدينة Quebec بكندا والقدرة المولدة بالمساقط المائية حوالي 100 ميغاواط ، ويتم توليد الهيدروجين بتحليل الماء الى هيدروجين وأكسجين ويتم بعد ذلك نقله الى أوروبا في سفن على شكل سائل أو مركبات كيميائية .

## 2. 9 . مصادر طاقة تحت البحث والتطوير

هناك مصادر طاقة أخرى في طور البحث والتطوير استخدمت في تطبيقات مختبرية وعملية عديدة ومن أهمها :

### 2 . 9 . 1 . الطاقة الموجية

تكمّن الطاقة في حركة الأمواج الناتجة من تأثير حركة الرياح على سطح البحار والمحيطات . وتعتبر الطاقة الموجية من الاستعمال غير المباشر للطاقة الشمسية المسببة الأساسية في حركة الرياح . وتعتبر الطاقة الموجية من مصادر الطاقة النظيفة الخالية من المضار الجانبية . وتعتمد الطاقة الموجية على حجم تردد الموجات المائية . ولا يمكن جمع الطاقة الموجية من الناحية العملية لأسباب عديدة منها تذبذب الترددات الموجية واختلاف ارتفاعاتها وسرعتها وتغير اتجاهاتها . وبالرغم من كل الصعاب والمشاكل لازالت الدراسات والبحوث جارية في بلدان عديدة من العالم خاصة تلك التي تتمتع بشواطئ طويلة . وقد بنيت محطات مختبرية لتوليد الطاقة الكهربائية . وإذا ساءم الوصول الى نتائج مشجعة فإن الطاقة المتولدة سوف تساهم في تلبية حاجة الطاقة للمجمعات السكانية المتواجدة على الشواطئ . وتعتبر المملكة المتحدة من الدول الرائدة في مجال البحث لاستغلال الطاقة الموجية في العالم .

### 2 . 9 . 2 . طاقة المد والجزر

يعتمد هذا المصدر في عمله على تأثير فرق قوة الجاذبية بين الأرض والقمر التي تحدث عند مصب الأنهار والبحيرات . ويحدث في هذه العملية ارتفاع المياه عند مصب الأنهار والبحيرات مرتين في اليوم بمقدور متر أو أقل بقليل وفي بعض المناطق يمكن ان تكون أكثر بقليل . وتجمع المياه عندما

يرتفع منسوبها الى الحدود القصوى في حالة المد في خزانات يستفاد من قوة تصرفها لتشغيل محركات توربينية لتوليد الطاقة الكهربائية عندما تحدث حالة الجزر . ويمكن توليد الطاقة من استغلال ارتفاع الماء وبناء الخزانات والسدود في مواقع جغرافية ملائمة . وعند ذلك يمكن تركيب محطات توليد الطاقة الكهربائية . اقيمت محطات توليد في كل من ( Bay of Fundy ) في شمال الولايات المتحدة الامريكية والبحر الابيض في الاتحاد السوفيتي سابقا و ( Mont Saint Michel ) في فرنسا . ويكون توليد الطاقة بهذه الطريقة على مستوى موقعي محدود . وبنيت في عام 1985 اول محطة توليد كهرباء على مستوى تجاري بطاقة قدرها 240 ميكاواط في بداية مصب نهر ( La Rance ) في فرنسا . ويترشح معدل ارتفاع المد 8.4 متر بين السد على مصب النهر ليقطي مساحة قدرها 22 كيلومترا مربعا . وهناك بحوث جارية في هذا المجال في جامعة البصرة لاستغلال طاقة المد والجزر التي تحصل في مياه شط العرب جنوب العراق .

## 2 . 9 . 3 . طاقة المحيطات

هناك محاولات عديدة لاستغلال الطاقة الحرارية لمياه المحيطات ( Ocean Thermal Energy Conversion ) ، والمعروفة باختصار ( OTEC ) ، في تطبيقات الطاقة المباشرة وغير المباشرة . وتتولد هذه الطاقة من استغلال فرق درجات الحرارة بين درجات حرارة الماء البارد في اعماق مياه المحيط ودرجات حرارة الماء الدافئة على السطح . واستعملت منظومة الدائرة المغلقة للاستفادة من الحرارة الداخلة والحرارة المنبعثة لتشغيل محرك رانكن الذي يستعمل محلول امونيا او اي محلول عضوي كسائل ناقل للحرارة داخل المنظومة . اما في منظومة الدائرة المفتوحة يستعمل الماء كسائل ناقل للحرارة ويستفاد منها في هذه الحالة مباشرة في عملية تسخين الماء في منظومة التحلية . ولازال الابحاث جارية لحد الان لتحقيق نتائج مرضية .

## 2 . 9 . 4 . طاقة الانسان

تجري حاليا ابحاث في مجال استغلال طاقة الانسان عن طريق استعمال اليد والقدم . ويعتبر حاليا من السابق لاوانه الحديث عنها كمصدر من مصادر الطاقة للمتحدة . وجررت محاولات عديدة لاستغلال هذه الطاقة في مجال توليد الكهرباء وتحملة لياه على مستوى فردي في كل سن كندا وللاتيا الاتحادية والمند والصين . ولم يتحقق تقدم ملحوظ وانتشار لهذه التطبيقات .

## 2 . 9 . 5 . الطاقة المسترجعة

أخذت مجالات الطاقة المسترجعة بالتطور والانتشار على مستوى تجاري محدود جدا في الوقت الحاضر . وتزامن استغلال هذه الطاقة كاحد الحلول المقترحة للتغلب على المخلفات الحرارية والساعة التي تنسرب الى الجو والارض والمياه . ان لهذه الطاقة خصوصية معتمدة على توفر نوع المصدر وتطبيقه . وتعتبر الطاقة المسترجعة من المعامل والمصانع والحرارة من اجهزة التكييف وتوليد البخار والغازات ... الخ امثلة لانواع مصادر هذه الطاقة . كانت ولا تزال بعض مصادر انواع هذه الطاقة تطلق في الجو او تنسرب الى المياه للتخلص منها تاركة اثار بيئية خطيرة . والان تستعمل هذه الطاقة غالبا في عمليات التدفئة وتسخين المياه في المجمعات السكنية القريبة من مصادر هذه الطاقة . ويعتبر استغلال الطاقة المسترجعة ذا مردودات اقتصادية وبيئية مشجعة . ومن امثلة تطبيقات هذه الطاقة في عمليات التدفئة وتسخين المياه للاغراض المنزلية والخدمية في كل من ألمانيا الاتحادية وكندا واليابان .

## 2 . 9 . 6 . مصادر طاقة متفرقة

ولابد من الاشارة الى مصادر طاقة متفرقة لازالت في طور البحث والتطوير ويعمل على استغلالها في حالة حصول تقدم تقني ذي مردودات اقتصادية وبيئية مشجعة لتطبيقاتها العملية على مستوى تجاري . ومن امثلة هذه المصادر طاقة التفاعلات الكيميائية ، طاقة الاندماج النووي ، طاقة البلازما والصخر الزيتي .

## 2 . 10 . واقع ومستقبل الطاقة الجديدة والمتجددة

فيما تقدم تم عرض مجالات استخدام الطاقة الشمسية والطاقات المتجددة بصورة عامة في جميع أنحاء العالم ، ويمكن تبويب هذه الاستخدامات بالنسبة لدول العالم بالاتجاهات التالية :

- الدول الفقيرة فان الاستخدامات جاءت نتيجة ضرورات حياتية ملحة بالدرجة الاولى .
- اما الدول النامية ، فقد جاءت هذه الاستخدامات نتيجة الاولويات الضرورية لمواجهة زيادة الطلب على الطاقة . وفي جانب اخر جاءت في مجال التطبيقات البحثية ذات المردودات الاقتصادية الآتية والمستقبلية . وقد تبين مما تقدم عدم وجود تخطيط وتنسيق اقليمي بين الدول المتجاورة في هذا المجال .

- اما في الدول المتقدمة ، فقد تم اولا : دراسة متطلبات الطاقة في الوقت الحاضر ، ثانيا : دراسة متطلبات الطاقة المستقبلية ، ثالثا : دراسة المردودات الاقتصادية والبيئية السليمة القرية والبعيدة المدى ورابعا : وضع الخطط العملية لمراحل التنفيذ المطلوبة .

ومن هنا نستخلص ضرورة دراسة وتحديد الاولويات نتيجة لحجم الحاجة الفعلية الحالية للطاقة والتخطيط لاحلال مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة الملائمة والمتوفرة ، والعمل على التطبيق المباشر للطرق والوسائل والمعدات الجاهزة والمستعملة بنجاح تام في هذا المجال . ويجب ايضا الاخذ بعين الاعتبار الحاجة المستقبلية للطاقة والتخطيط لسدها باحلال الانواع المتوفرة والملائمة تقنيا من مصادر الطاقة المتجددة عل الطاقة التقليدية في كل المجالات الممكنة مستقبلا .

جملول ( 1 . 2 ) المزارع الريحية الموجودة في مواقع مختلفة

عدد المزارع	القدرة ( كيلوواط )	القطر ( م )	الموقع	المروحة
12	250	24	Holland ( Herbayun )	Bouma
13	250	20.6	U.S.A ( Tehachap pass)	Carater 250
25	300	20.6	U.S.A (San Georgonia pass)	Carater 300
36	250	24	U.S.A (San Georgonia pass)	ESI 80
32	400	22	U.S.A ( Altamont pass )	FAEYELTE
20	250	19	U.S.A ( Altamont pass )	FLOWIND 19
180	250	19	U.S.A ( Tehachap pass )	FLOWIND 19
2	381	25	U.S.A ( Tehachap pass )	FLOWIND 25
23	200	22.5	Hungary(Zabrugge Harbour )	HM WIND
139	200	22.5	U.S.A ( Altamont pass )	MASTER
25	300	25	Holland ( Ijsselmeer Dyke )	HM2 Wind
18	330	22	Holland ( Sexbierum )	HM2 Wind
75	330	33	U.S.A( Altamont pass )	Holec/polenko
37	250	25	U.S.A( Hawaii)	Howden,HW7310
16	250	23.1	Holland ( North Brabant)	Mitsubishi
26	200	19	U.S.A( San Georgonion pass)	Newinco
14	200	25	U.S.A( San Georgonion pass)	Vwat power
14	600	40	U.S.A( Hawaii )	Wenco
20	250	25	U.S.A( Altamont pass )	Westinghouse
29	225	25	Denmark ( Velling Maersk )	Wind Energy
42	300	25	Denmark ( Norrekent Eege )	Group
25	400	25	Denmark ( Sytholm )	Vestas
				Nordtonk
				Vestas/DWT

جدول ( 2 . 2 ) طاقة الرياح المركبة في دول مختلفة والقدرة المستهدفة في المستقبل

الدولة	القدرة المركبة حاليا ( ميكاواط )	القدرة المستهدفة ( ميكاواط )
الصين	8	100 - 200 لسنة 2004
الدنمارك	250	1500 لسنة 2000
المانيا	2	100 لسنة 2000
اليونان	—	300 لسنة 2000
الهند	6	300 - 250 لسنة 2000
ايطاليا	—	300 - 250 لسنة 2000
هولندا	25	1000 لسنة 2000
اسبانيا	—	100 لسنة 2000

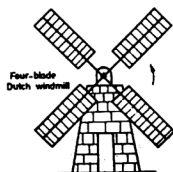
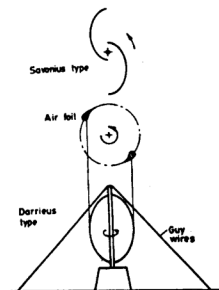
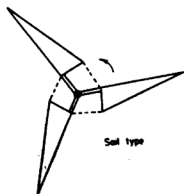
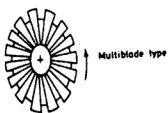


جدول ( 3 . 2 ) المواد الأولية المستعملة لإنتاج الغاز الحيوي

الطاقة الممكنة الحصول عليها من الغاز كيلو جول/م <sup>3</sup>	تركيب الغاز النسبة (%) CH <sub>4</sub> CO <sub>2</sub>	نوع الفضلات	المردود من الغاز لتر/كلج من المواد الجافة
		فضلات حيوانات	
23	58 33	آبقار	280-120
		خيل	280-160
28	70 30	دجاج	420-210
70		أغنام	210-70
		فضلات خضروات	
		أعشاب خضراء	
		خضراوات بطاطس	940-250
		لفت، جزر	350-260
17.5		محاصيل زراعية	
		تبن، قمح، شعير	300-170
		تبن (قوة)	440-320
		تبن (أرز)	260-160
		أوراق جافة	290-210
		فضلات بشرية	
24		الجماع الناجمة	480-230
		من معالجة	
17-15		مياه المجاري	462
		القمامة	

جدول ( 4 . 2 ) الحالات التي وصلت لها تقنيات تحويل الطاقة الشمسية  
وتقنيات انتاج الهيدروجين

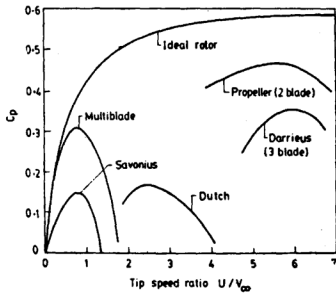
التقنية	بحث	تطوير	تجريب	تجاري
تحليل ضوئي حيوي	←			
تحليل ضوئي بالحفز	←			
تحليل كهروضوئي	←			
تحليل كهروحراري		←		
تحليل ايوني حراري	←			
التحليل الحراري المباشر	←			
تحليل كيموحراري	←			
استخدام أنظمة مختلطة (تحليل كيموحراري)	←			
تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات		←		
أنظمة طاقة الامواج الخلايا الشمسية:	←			
- دون استخدام مركبات		←		
- باستخدام مركبات		←		
المولدات الحرارية الشمسية		←		
أنظمة محولات طاقة الرياح		←		
القوى المائية		←		
التحليل الكهربائي للماء		←		



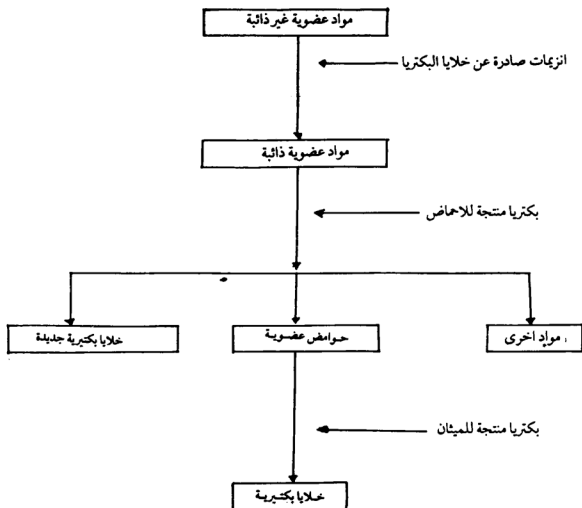
شكل (1.2) بعض انواع المراوح



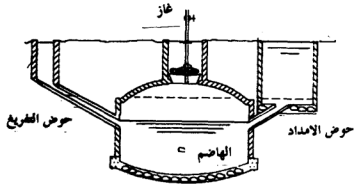
شكل ( 2 . 2 ) مروحة عملاقة



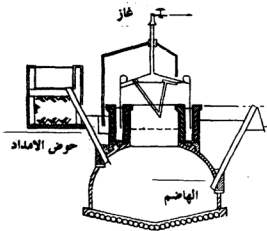
شكل ( 2 . 3 ) كفاءة الأداء لبعض أنواع المراوح



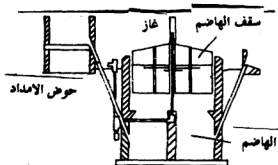
شكل ( 4 . 2 ) مراحل عملية الهضم



هاضم كروي من النوع الصفي ذو غطاء ثابت

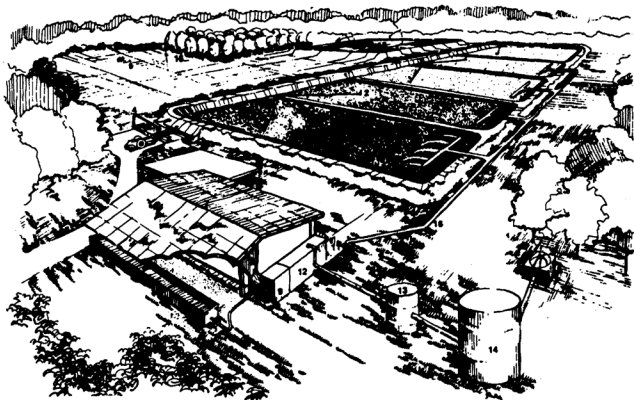


هاضم من النوع " GOBAR " ذو غطاء ثابت



هاضم من النوع " GOBAR " ذو غطاء متحرك

شكل ( 5 . 2 ) بعض نماذج الاوعية المستعملة



1-3: lagoons, skimmer, and harvesting canal

4-6: washer, conveyor, and washwater basin

7-10: feedlot with solar collector, air duct,  
heat storage, and drying tunnel

11: waste pit

12-15: fermentation unit, gas scrubber,  
methane storage, and electric  
generator

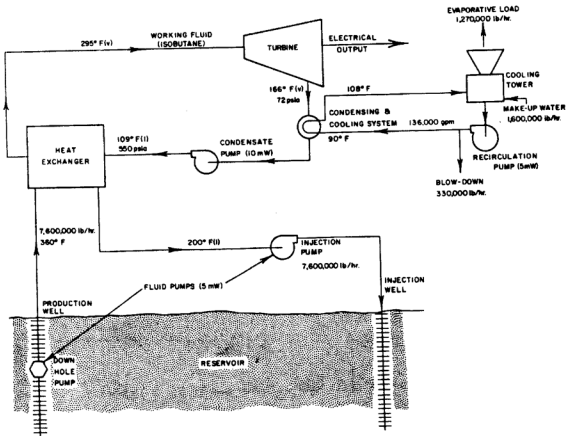
16: sludge to lagoons via heat exchanger in  
waste pit

17: aquaculture system

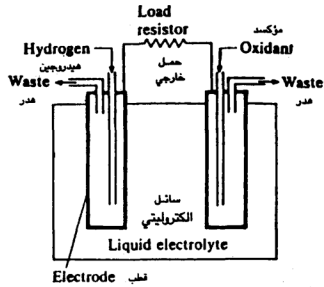
18: land application

شكل ( 6 . 2 ) مشروع متكامل لتوليد الغاز الحيوي





شكل ( 2 . 7 ) محطة توليد الطاقة الكهربائية باستخدام حرارة المياه الجوفية



شكل ( 8 . 2 ) رسم تخطيطي لخلية وقود نموذجية





### 3. 1. أنوع المباني

يلاحظ من دراسة الخارطة الجغرافية للوطن العربي بكثرة تركز السكان على شواطئ البحيرات والأنهار والبحار والمحيطات ووسط السهول والوديان بسبب توفر المياه ومحسوبة الأرض وقربها من وسائل النقل وتوفر الخدمات التي ساعدت على تجمع السكان وتكوين المدن الكبيرة والعواصم . ويقل تركز السكان في حافات الجبال والمضايق والواحات وعلى مشارف الصحراء والبادي حيث يفرض الطابع الجغرافي نفسه على السكان ويحدد طريقة الحياة وأنواع الزراعة وتربية المواشي والأعمال الأخرى .

وعند دراسة نوع المباني يمكن تحديد أسلوب البناء الأفقي المنتشر السائد في المباني السكنية التقليدية ، وأسلوب البناء العمودي المخفض لتوفير السكن والخدمات المختلفة داخل مراكز المدن الكبيرة والعواصم . ولو أحرزنا مسحاً شاملاً على أنواع المباني النغدة قديماً وحديثاً التي تستعمل لأغراض السكن والخدمات العامة نستنتج الأنواع التالية :

#### 3. 1. 1. المباني السكنية الريفية

يتمتع الوطن العربي بمباني سكنية ذات طابع معماري تراثي يمثل لمحات من تاريخ المنطقة المتواجدة فيها ، ويعبر عن أساليب البناء وطرق المعيشة وعن ثقافة سكان المنطقة ومدى تفاعلهم مع مجريات تطور المجتمع . ويتجاوز تاريخ إنشاء هذه المباني مئات السنين ، كما في الشكل ( 3. 1 ) . ومنها مثلاً المنازل في تونس واليمن وليبيا والعراق ومصر .

#### 3. 1. 2. المباني السكنية القديمة

تنوزع في أرجاء مختلفة على الخارطة العربية طرق السكن التقليدية القديمة لعامة سكان المنطقة الواحدة . ويمتاز كل منطقة بطريقتها التقليدية لتشييد الدور السكنية لها ويعبر عن ثقافتها وموقعها

الجغرافي . ويمكن التعرف على هذه الدور من اول وهلة عند النظر اليها كما في الشكل ( 2 . 3 ) . ويكثر استعمال البيت العربي ( الحوش العربي ) المفتوح من الوسط الى الجوف الخارجي لتأمين الاضاءة والتهوية والتعرض لاشعة الشمس المباشرة ولابقاء الاتصال بين الساكنين والطبيعة . ويمثل البيت العربي في ليبيا والعراق ومصر شواهد حية على ذلك .

### 3 . 1 . 3 . المباني السكنية الحديثة

شهد النصف الثاني من القرن الحالي تقدما في بناء الدور السكنية لاغلب الطبقات الفقيرة والمتوسطة من المجتمع . وحاء هذا التوسع بناءا على الحاجة الملحة التي فرضتها مراحل تطور المجتمع في جميع المجالات . وشاركت الحكومات من جانبها في اقامة مشاريع سكنية او مساهمة الافراد في تشييد الدور ( مساكن ومنازل ) بصورة خاصة . وغلب الطابع المغلق على التصميم الحديثة واستعملت بعض عناصر التصميم المعماري في ابراز الجانب الجمالي وتوفير الراحة عن طريق استعمال تقنيات التكييف الاصطناعية ، كما في الشكل ( 3 . 3 ) . ولم يبرز طابع معماري مميز لهذه الدور والمباني ولا تعبر هذه التصميم عن واقع المنطقة الجغرافي ولا تعكس لمحات من واقع التراث الشعبي المحلي وطريقة المعيشة . وعند النظر الى الدور المنفذة بصورة منفردة نجد لكل دار تصميمها خاصا به يختلف كلياً عن تصميم الدور المجاورة والمقابلة له .

### 3 . 1 . 4 . المباني السكنية الحديثة ( الفخمة )

وتشمل المنازل الفخمة التي تحتوي على اكثر من طابق وعلى غرف وصالات وفضاءات واسعة استعملت فيها التصميم المعمارية والجمالية التي توفر للساكنين الراحة والمتعة والهدوء التام ، كما في الشكل ( 3 . 4 ) . وانشأت هذه المنازل على ارض واسعة تحيط بها الحدائق من اغلب جهاتها وتوجد فيها غالبا حديقة امامية واسعة . وتبدل هذه المنازل على حالة السرف للمساكنين فيها . ولا يمكن تشخيص طابع معماري مميز لمثل هذه المنازل . وهناك عوامل عديدة تدخل في اختيار التصميم المعماري منها توفر مساحة الارض والامكانيات المادية والرغبة الشخصية والاغداد العائلي .

### 3. 1. 5. المباني السكنية ذات ( 2 - 4 ) شقة

وتشمل المباني السكنية ذات 2 - 4 شقة متلاصقة ومتجاورة في اغلب التصاميم المنفذة ، كما في الشكل ( 5. 3 ) . ويراد من هذه المباني جميع السكان في حي سكني متقارب تتوفر فيه كافة الخدمات المطلوبة للجميع بسهولة تامة . وقد شاع استعمال مثل هذه المباني في المجمعات السكنية القائمة قرب المشاريع النفطية والصناعية والزراعية والتعليمية ... الخ . وتشابه هذه المباني في المظهر الخارجي والمواصفات العامة وتضفي طابعا معماريا مميزا لكل مجمع سكني . وتتوفر في هذه المباني امتيازات عديدة من أهمها شعور الساكنين باستقلالية السكن وفي نفس الوقت الشعور بوجود حيوان وتوفر الخدمات عن قرب .

### 3. 1. 6. العمارات السكنية والخدمية المختلفة ( أكثر من ثلاث طوابق )

تنوزع مثل هذه العمارات بشكل يخفف داخل مراكز المدن الكبيرة المزدحمة بالسكان لتوفر السكن اللائق والخدمات بأجور مقبولة ، كما في الشكل ( 6. 3 ) . وتشتمل هذه العمارات أيضا كقنادق وعبادات ودوائر حكومية ومكاتب شركات وأشخاص . ولا توجد مشاكل في تحديد أو احتيار المساحات المطلوبة لإنشاء مثل هذه العمارات في مراكز المدن مستقبلا ويتم ذلك عن طريق هدم المباني القديمة أو عن طريق التوسع الأفقي خارج مراكز المدن عند إنشاء أحياء جديدة ضمن التخطيط الأساسي المقترح .

### 3. 1. 7. مباني متنوعة

لا بد من الإشارة إلى وجود مباني متنوعة أخرى تقدم خدمات مختلفة إلى المجتمع ومنها على سبيل المثال مباني المستشفيات والمدارس والدوائر الحكومية ودور الضيافة والمشاريع السياحية والمباني الإدارية للمعامل والمصانع ومباني الخدمات والورش الصغيرة والكبيرة ، كما في الشكل ( 7. 3 ) . ولا تشابه هذه المباني مع بعضها في المظهر الخارجي ولا تشابه في مواد وطريقة البناء المستعملة . وتنوزع هذه المباني عادة بين المباني المتواحدة داخل المدن أو مستقلة خارج المدن الصغيرة والكبيرة .

### 3 . 2 . تعامل الانسان مع المباني

لقد تبين من دراسة التاريخ ، ان شعوب الحضارات القديمة قد بنوا مساكنهم بكفاءة تامة . بما يتناسب مع الظروف البيئية المحيطة بهم ، وذلك نتيجة وعى كامل باحوال المناخ وتأثيراته . وتوصلت الشعوب الى الاسس العملية المطلوب توفرها عند بناء المباني لتوفير السكن المريح دون الاعتماد على الطاقة . وتبين ان طراز المباني له علاقة مباشرة بالموقع الجغرافي والاحوال الجوية . فنشاهد ان تخطيط المدن يختلف من موقع الى اخر . فالمباني الواقعة في المناطق الحارة مثلا تكون متجمعة مع بعضها البعض لكي تقلل من المساحات المعرضة للشمس وتأخذ تصاميم واشكالا والوانا تناسب مع الظروف الجوية ، بينما في المناطق الباردة تكون هناك مسافات بين المباني لكي تجمع حرارة الشمس في فصل الشتاء وتوفر الظل في فصل الصيف ، بالإضافة لما ذكر هناك بحيرة واسعة لخواص مواد البناء المتوفرة عليها واستعمال الطرق التصميمية والانشائية للملاحة . وكما في لتوظيف مفردات التصميم الداخلي للمباني واستعمال الاثاث وطرق المعيشة دور فعال في تكييف المباني مع اعتبار عناصر المناخ صيفا وشتاء سواء كان ذلك في المناطق الحارة او الباردة لتوفير الراحة للساكين .

ان وظيفة توفير السكن للملازم هي الايواء والحماية من الاحوال الجوية وتأمين الراحة في ظل درجات حرارة ورطوبة معتدلة تساعد في استمرار معيشة الانسان فيها . ولما كان الاحوال الجوية تختلف اختلافا كبيرا خلال ايام السنة وبين مناطق العالم المختلفة ، فمن الضروري اعتماد السبل التي توفر الراحة عن طريق التطبيق الامثل لعناصر التصميم المعماري ، مثل الشكل العام ، توجيه المبنى ، اختيار مواد البناء ، طريقة التصميم ، الموقع الجغرافي ، الزراعة ومصدات الرياح ... الخ . ولذلك فليس من المستغرب ان تختلف انواع وخواص المباني باختلاف المناطق في العالم ، حيث نجد ان لشكل ونوع المواد المستعملة في تنفيذ التصاميم الخارجية والداخلية للمباني تأثيرا مباشرا على توفير الراحة للساكين وتقليل الاعتماد على الطاقة المستعملة في تكييف المباني . ان التطور التقني الذي شهدته اجهزة التكييف المختلفة المستعملة في المباني ، ادى الى التحلي عن استعمال نظرية " العمل مع الطبيعة " وتطبيقاتها الواسعة . ان استعمال عناصر التصميم المعماري والتكييف البيئي والعوامل الاخرى المساعدة في المباني سوف توفر الراحة للساكين وتقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية المصروفة في تشغيل اجهزة التكييف المختلفة المستعملة في هذا المجال وبالتالي تقليل من التكاليف المصروفة على الطاقة واجهزتها والتقليل من مسببات تلوث البيئة . ان ما يصرف من مبالغ على توفير الراحة للساكين بالطرق المعمارية والبيئية قليل



حدا بالنسبة للمبالغ التي تصرف على شراء اجهزة التكيف وتكاليف تشغيلها وصيانتها ومعالجة المشاكل الصحية الناتجة من حراء استعمالها .

### 3 . 3 . مواد البناء

ان استعمال مواد البناء يعتمد على طريقة البناء المتبعة في تشييد المباني . ويعتبر الاسمنت المنتج حليا لمادة الاكثر استعمالا في عمليات البناء الحديثة . ويتمتع الاسمنت المحلى بمجودة عالية بالمقارنة بالاسمنت المستورد من الدول المجاورة . ويستعمل الاسمنت المخلوط بالرمل النظيف لعمل المونة التي تستعمل في عمليات بناء الجدران والممرات وتبليط الارضيات ... الخ . ويستعمل الاسمنت والشرشور ( او الحصى ) والرمل النظيف المخلوط بنسب معروفة لتكوين الخلطة الخرسانية التي تتمتع بقوة صلابة وقابلية انضغاط عالية بسبب المواصفات الجيدة للاسمنت . ويعتبر الطوب ( العادي ، الاسفنجي ، الخرسانى والجوف ... الخ . ) والحجر والمونة الاسمنتية من المواد الاساسية التي تستعمل في تشييد الاسس والجدران ، كما في الشكل ( 8 . 3 ) . وتستعمل الخرسانة في بناء الاسس والهيكلى في المباني الحديثة . وللحصول على سطوح خارجية ناعمة تستعمل طبقة اسمنتية . اما السطوح الداخلية فغالبا ما تستعمل طبقة اسمنتية وطبقة من الجير الابيض ( البورك او الجص ) للحصول على سطوح داخلية ناعمة جدا . ويفضل استعمال مواد البناء المتوفرة حليا لسهولة الحصول عليها ورخص اسعارها وتوفر الايدي العاملة والخبرة الكافية للتعامل معها في تشييد المباني .

وتختلف المواصفات الحرارية لمواد البناء المتعددة مثل الطوب ( بانواعه ) ، الحجر ( بانواعه ) ، الخرسانة ، المواد العازلة ، مواد الديكور ... الخ المستعملة في بناء الجدران والسقوف وتشكل عاملا اساسيا في حساب الحمل الحراري للمبنى . وعن طريق استعمال مواد بناء ذات توصيل حراري منخفض يمكن تحقيق ظاهرة العزل الحراري للجدران والسقوف في المبنى وبالتالي تقليل الحمل الحراري في المبنى ، وبذلك يمكن المحافظة على تسرب الحرارة من والى داخل المبنى سواءا كان المبنى مرودا او مدفئا .

ويمكن تقسيم مواد البناء الى مايلي :-

#### أ - مواد بناء تقليدية

وحسب ما ذكر في اعلاه تعتبر جميع مواد البناء المتوفرة في السوق المحلية مواد بناء تقليدية ، كما في الشكل ( 8 . 3 ) . ويعتبر ايضا الحديد في مختلف اشكاله جزءا من مواد البناء . ويوضح

الجدول ( 4 . 1 ) المواصفات الفيزيائية لمواد البناء الشائعة الاستعمال من أهمها معامل التوصيل الحراري والسعة الحرارية والكثافة ... الخ .

### ب - مواد بناء ذات توصيل حراري منخفض

توجد مواد بناء مختلفة مثل الطوب المجوف أو الاسفنجي ومواد الديكور ... الخ التي توجد في وسطها فجوة هوائية أو تمتاز بقلّة كثافتها أو مواد غير موصلة للحرارة لتساعد على عدم انتقال الحرارة خلالها وتأمين ظاهرة العزل الحراري . ويمكن تحقيق هذه الغاية عند استعمال مواد البناء التقليدية في بناء جدران مزدوجة بينهما فجوة هواء بأبعاد مناسبة خاصة عند تشييد الجدران الخارجية للمبنى ، كما في الشكل ( 3 . 9 ) . ويمكن ملاحظة هذه الفجوة بمادة عازلة لكسي تزيد قابلية الجدران على العزل الحراري .

### ج - مواد بناء عازلة حرارية

هناك مواد بناء عديدة ومواد ديكور مختلفة تمتاز بقابليتها على العزل الحراري . ومن أشهرها الصوف الزجاجي والخشب والفلين ... الخ . ويمكن استعمال بعض هذه المواد ومواد الديكور على السطوح الداخلية والخارجية والسقوف والأرضيات للمبنى ، كما في الشكل ( 3 . 10 ) . وتمتاز المواد العازلة للحرارة بارتفاع تكاليفها مقارنة بمواد البناء التقليدية ، ولكن ينظر الى ما ستقدمه في مجال ترشيد استهلاك الطاقة عن طريق تقليل استعمال أجهزة التكييف خلال أيام السنة وبذلك ستوفر مبالغ لا بأس بها بالإضافة الى توفير الجو الطبيعي داخل المبنى .

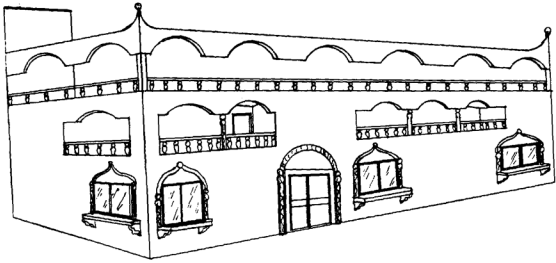
### 3 . 4 . طرق البناء المستعملة

بالنظر لاتساع مساحة موضوع طرق البناء الشائعة الاستعمال في تشييد المباني في الوقت الحاضر ، فسوف نسلط الضوء على الطرق التقليدية المتبعة في تشييد معظم المباني مستخدمين فيها مواد البناء المتوفرة محليا . ان طريقة البناء المتبعة والشائعة الاستعمال في انشاء المباني الحديثة ، هي بناء هيكل

المبنى بالخرسانة المسلحة بالحديد ثم بناء الجدران الخارجية والداخلية بأحد أنواع الطوب المتوفرة في السوق المحلية ثم تأتي بعدها المباشرة بالأعمال التكميلية المختلفة . وهذه طريقة مألوفة ومتعارف عليها بين اوساط العاملين في مجال التشييد ومقبولة لدى المهندسين المختصين وعموم المجتمع . وهذه الطريقة تستخدم في تشييد المباني المتكونة من طابق او اكثر . وهناك طريقة بناء تقليدية اخرى تعتمد على تشييد الجدران الحاملة للاتقال ثم صب السقوف بالخرسانة المسلحة وبعدها تجرى الاعمال التكميلية الخارجية والداخلية . وشاع استعمال هذه الطريقة في تشييد المباني المتكونة من طابق او طابقين . ولا تنسى وجود طرق اخرى ومنها بناء هيكل حديد يخلف بمقاطع جدران معزولة وجهازرة ومقاطع سقوف جهازرة ايضا . وكذلك طرق البناء الجاهز المختلفة . تعتمد طريقة البناء المستعملة على التصميم المعماري ومواد البناء وموقع المبنى والغاية المنشودة في استعمال المبنى والتكاليف .



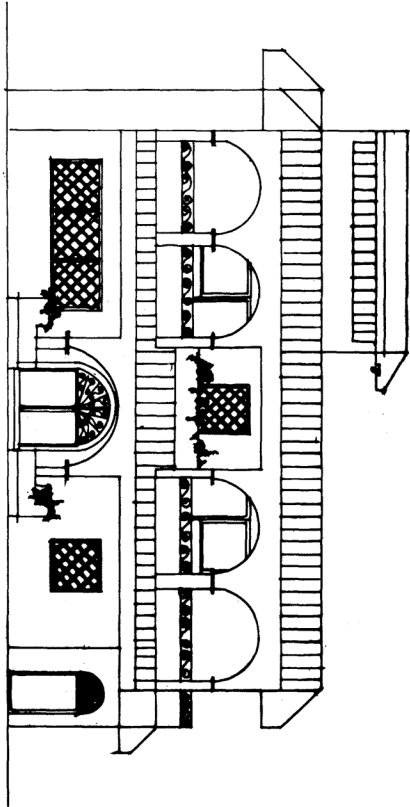
شكل (1.3) مبنى تراثي



شكل ( 2 . 3 ) مبنى سكني قديم



شکل ( 3 . 3 ) مبنی سکني حديث

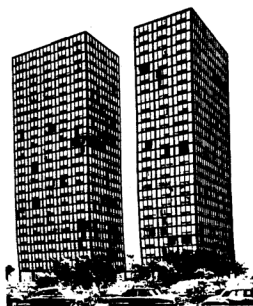


شکل ( ۴ . ۳ ) منی سکنی لایم

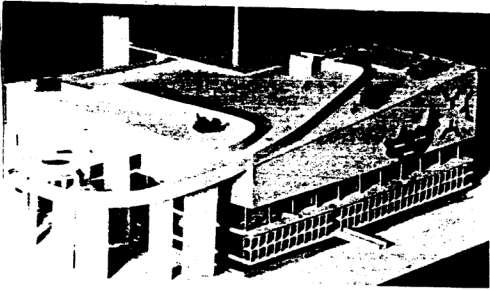


شكل ( 5 . 3 ) شقق سكنية

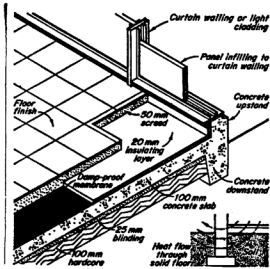
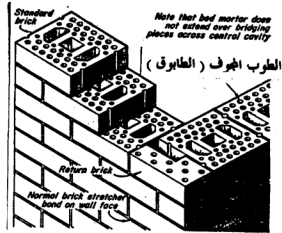
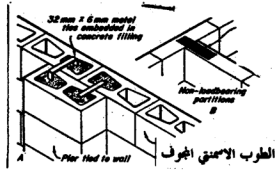




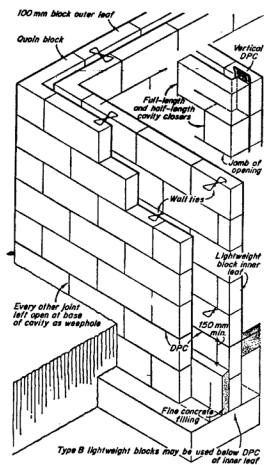
شكل ( 6 . 3 ) عمارات عالية



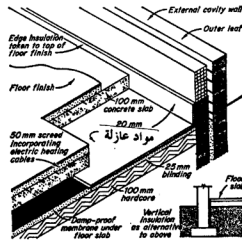
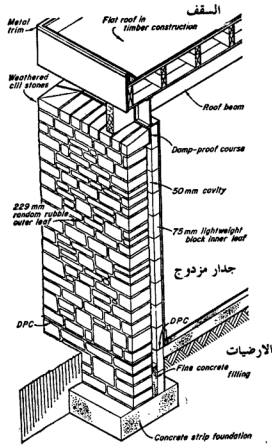
شكل ( 7 . 3 ) مباني متنوعة



شكل ( 8 . 3 ) استعمال مواد البناء في تشييد الجدران والارضيات والسقوف



شکل ( 9 . 3 ) جدار مزدوج



شكل ( 3 . 10 ) استعمال مواد عازلة في تشييد

الجلدران والارضيات والسقوف



## الفصل الرابع

### احتياجات الطاقة في المباني

#### 4 . 1 . الظروف المناخية وراحة الانسان

ان السيطرة على عوامل المناخ والمحيط من أهم الاساسيات التي تساعد في توفير الراحة للعنصر البشري عند السكن في حيز ما ، وهذه الاساسيات تساهم ايضا في عمليات البحث والتطوير والانتاج الصناعي لتحقيق المستوى المطلوب في الشعور بالراحة عند السكن في المباني . ان الانسان كائن حي وهو عبارة عن آلة طبيعية تعمل بالتحويل الكيميائي للغذاء الذي يتحول الى طاقة حرارية وحركية قادرة على أداء الوظائف ، وتكون درجة حرارة جسم الانسان الاعتيادية ( 36.9 ) درجة مئوية ، وعندما يتواجد الانسان في محيط أو حيز داخل مبنى ما يجب أن تتوفر له الشروط الملائمة للعيش حتى يتولد له الشعور بالراحة في حالة السكن أو الحركة لتحقيق مستوى الانتاج المطلوب ، وعند عدم الشعور بالراحة سوف تظهر مشاكل فسيولوجية ومرضية خطيرة تعطي سرودات سلبية على سلوك الانسان في محيطه . ويوضح الشكل ( 4 . 1 ) بعض العوامل التي تؤثر على راحة الانسان .

ولهذا فقد جرت بحوث ودراسات متنوعة في هذا المجال وكان على راسها الجمعية الامريكية لمهندسي التدفئة والتبريد والتكييف

( The American Society of Heating , Refrigerating and Air-Conditioning Engineers )

المسماة باختصار ( ASHRAE ) حيث قدمت أبحاثا مكثفة ومركزة ومعقدة في هذا الاختصاص ، وأعدت العلاقات الرياضية والجداول والرسوم البيانية لحساب العلاقات الرئيسية والفرعية لمفردات التصميم والحسابات في هذا المجال المهم ، وأقرت معايير قياسية توصف العوامل التي تحدد مباشرة العلاقات بين الانسان والمحيط الذي يعيش أو يشغل فيه في كل أوقات السنة ، ومن أهم هذه العوامل درجة الحرارة الجافة والرطوبة ، ويمكن الاطلاع على حدود درجات الحرارة الجافة والرطوبة النسبية التي يمكن للانسان أن يعيش في ظلها خلال أيام الشتاء والصيف كما في الشكل ( 4 . 2 ) ، وتختلف درجة الحرارة الجافة التصميمية صيفا وشتاء ، ويمكن التركيز هنا على ان درجة الحرارة الجافة التصميمية التي تعطي الشعور بالراحة تكون أقل في حالة التدفئة وأعلى في حالة التبريد . ويمكن معالجة

هذا الفرق يارتداء ملابس شتوية ملائمة في فصل الشتاء . وعند استعمال درجات حريرة حافة في التدفئة أو التبريد أعلى أو أقل من درجات الحرارة التصميمية سوف تؤدي الى عدم الشعور بالراحة وهذا يعني صرف طاقة غير مستفاد منها وتقليل عمر اشتغال الاجهزة المستعملة وزيادة المضار الجانبية .

## 2.4 . انتقال الحرارة

يحصل انتقال الحرارة بين جسمين أو حيزين أو سطحين عندما تكون درجتا حرارتهما مختلفتين بواسطة إحدى طرق انتقال الحرارة بالتوصيل ( Conduction ) أو الحمل الحراري ( Covection ) أو الاشعاع الحراري ( Radiation ) أو باكثر من طريقة في آن واحد .

### 4 . 2 . 1 . انتقال الحرارة بالتوصيل

يعتبر انتقال الحرارة بواسطة التوصيل ( Conduction Heat Transfer ) إحدى طرق انتقال الحرارة خلال الاجسام الصلبة . ويتم انتقال الحرارة من مكان الى آخر بالتوصيل عن طريق الاتصال المباشر بين جزيئات الوسط دون إزاحتها من مكانها . تعتمد عملية الانتقال الحراري بالتوصيل على فرق درجات الحرارة تحت ظروف الاستقرار الحراري . ويتم حساب انتقال الحرارة بالتوصيل بالمعادلة التالية :

$$Q = U \times A \times \Delta t \quad \text{..... ( 1. 4 )}$$

حيث ان

$Q$  الحرارة المنتقلة بالتوصيل (W)

$U$  المكافئ العام لأنتقال الحرارة بالتوصيل خلال مادة ما (W/ m<sup>2</sup> °K) ويعتمد على

مواصفات المواد المستعملة في عملية البناء . ويوضح الجدول ( 1 . 4 ) قيمة كل مادة

$A$  مساحة المادة المستعملة (m<sup>2</sup>)

$\Delta t$  فرق درجات الحرارة (°K) أي باضافة ( 273 ) لدرجات الحرارة المئوية

ويمكن حساب المكافئ بالمعادلة التالية :

$$U = 1 / R \quad \text{..... ( 2 . 4 )}$$

$R$  مجموع المقاومات الحرارية للجسم أو الاجسام التي تنتقل فيها الحرارة ويتم تمثيل وجود



الاجسام باتجاه انتقال الحرارة أما على التوالي أو التوازي ونحسب R من مجموع المقاومات  
إذا كانت على التوالي بالمعادلة التالية :

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots \quad (3.4)$$

وعندما تكون المقاومة على شكل توازي نحسب بالمعادلة التالية :

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4 + \dots \quad (4.4)$$

حيث ان

$R_1$  مقاومة المادة الاولى (  $m^2 \text{ }^\circ K/W$  )

$R_2$  مقاومة المادة الثانية (  $m^2 \text{ }^\circ K/W$  )

$R_3$  مقاومة المادة الثالثة (  $m^2 \text{ }^\circ K/W$  )

$R_4$  مقاومة المادة الرابعة (  $m^2 \text{ }^\circ K/W$  )

ونحسب قيمة R بالمعادلة التالية :

$$R = L/K \quad (5.4)$$

حيث ان

L سمك المادة ( m )

K معامل التوصيل الحراري للمادة (  $W/m^2 \text{ }^\circ K$  ) كما في الجدول ( 2.4 )

توجد معادلات رياضية تعتمد على شكل الجسم أو الأحسام التي يتم انتقال الحرارة فيها

## 2.2.4 . انتقال الحرارة بالحمل

يمكن تعريف انتقال الحرارة بالحمل ( Convection Heat Transfer ) بأنه احد طرق

انتقال الحرارة في الموائع فقط . تحدث هذه الظاهرة عند انتقال الحرارة من مصدر حراري الى حزيقات  
مائع ما ملاصق له . حيث تنتقل الحرارة من حزيقات المائع الملاصق للمصدر الحراري الى حزيقات المائع  
المجاورة لها ، وهكذا يتم انتقال الحرارة من حزيق الى آخر باحدى صور انتقال الحرارة المختلفة . وتكون

عملية الانتقال اما بصورة مستقرة او بصورة مفاجئة الى بقية أجزاء المائع اذا كان محصور في حيز معين أو الى جزئيات المائع إذا كان المائع في حالة جريان مستمر . ان انتقال الحرارة من المصدر الحراري الى المائع يتسبب في زيادة كثافة وحركة جزئيات المائع وزيادة طاقته ، وينتج عن هذه الحركة تيارات من جزئيات المائع تنتقل بعيداً عن المصدر لتحل محلها جزئيات اخرى اقل منها طاقة . وهكذا تكون حركة هذه التيارات اما بشكل منتظم او مضطرب ، حسب درجة حرارة المصدر الحراري ، فكلما زادت درجة الحرارة زادت سرعة المائع وزادت درجة اضطراب المائع . وغالباً تكون حركة المائع منتظمة في البداية ثم يمر بمرحلة انتقالية تتحول بعدها الى حركة مضطربة .

يصنف انتقال الحرارة بالحمل الحراري تبعاً لحركة المائع :

- الحمل الحراري الطبيعي ( Natural Convection ) او الحر ( Free Convection ) . وتجري حركة جزئيات المائع عندما تزداد درجة الحرارة وتقل الكثافة فتسبب حركة جزئيات على شكل تيارات طبيعية او حرة في جزئيات المائع بدون مصدر خارجي يحرك للمائع .

- الحمل الحراري القسري ( Force Convection ) ناتج عن تحفيز حركة جزئيات المائع عندما تزداد درجة حرارة المصدر واستعمال مصدر خارجي في تحريك جزئيات المائع . وبهذه الطريقة يتم نقل طاقة حرارية اعلى بكثير من الطاقة الحرارية المنتقلة بواسطة الحمل الحراري الطبيعي .

ويعتمد معدل انتقال الحرارة على معدل سريان المائع وعلى المساحة السطحية للمصدر وشكله ودرجة حرارة والخواص الفيزيائية للمائع .

ويمكن حساب كمية الحرارة المنتقلة بواسطة الحمل بالمعادلة التالية :

$$Q = h \times A(T_w - T_0) \dots\dots\dots ( 6 . 4 )$$

حيث ان

Q معدل الحرارة المنتقلة (W)

h معامل انتقال الحرارة بالحمل للمائع (W/ m<sup>2</sup> °K)

A مساحة سطح المصدر الحراري ( m<sup>2</sup> )

T<sub>w</sub> درجة حرارة سطح المصدر (°K)

T<sub>0</sub> درجة حرارة المائع (°K)

وتستعمل المعادلة التالية ، التي تعتمد على العوامل السابق ذكرها ، لحساب معامل انتقال الحرارة بالحمل للمائع .

$$Nu = f(Gr)^n \times (Pr)^m \dots\dots\dots ( 7 . 4 )$$

$$\frac{HL}{K} = F \left( \frac{L^3 \beta \Delta T}{U^2} \right)^n \left( \frac{Cp \mu}{K} \right)^m \dots\dots\dots ( 8 . 4 )$$

حيث ان

( Nusselt Number ) Nu

( Grashof Number ) Gr

( Prandtl Number ) Pr

( f , n , m ) دالة تعتمد على درجة الحرارة وشكل المصدر الحراري وسرعة المائع

K معامل التوصيل الحراري للمائع ( W/ m<sup>2</sup> °K ) كما في الجدول ( 2 . 4 )

L الطول المكافئ (m)

β, Cp, μ, ν الخواص الفيزيائية للمائع كما في الجدول ( 3 . 4 )

### 3 . 2 . 4 . انتقال الحرارة بالإشعاع

يمكن تعريف الإشعاع الحراري ( Radiation Heat Transfer ) بأنه موجات كهرومغناطيسية مماثلة لموجات الراديو او الصوت قادرة على الانتقال في جميع الاتجاهات .  
يتم انتقال الحرارة بواسطة الإشعاع بين الاجسام عند اختلاف درجات حرارتها . ويعتمد انتقال الحرارة بواسطة الإشعاع على مستوى درجة حرارة سطح الانبعاث ( Emitting surface ) حيث يكون هو السطح المسيطر بالنسبة لوحدة المساحة . اما بالنسبة للسطح المثالي فتكون قدرة الانبعاث هي :

$$E_b = \sigma \times T^4 \dots\dots\dots ( 9 . 4 )$$

حيث ان

E<sub>b</sub> قدرة الانبعاث للسطح المثالي ( W/ m<sup>2</sup> )

$\sigma$  معامل ستيفان بولتزمان (Stefen Baltzman) وقيمته  $(5.669 \times 10^8 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{K})$   
 $T$  درجة حرارة السطح الناقل للحرارة  $(^\circ\text{K})$

يمكن حساب كمية الحرارة المنتقلة عن طريق الاشعاع من جسمين مختلفين في درجات الحرارة بالمعادلة التالية :

$$Q = \sigma \times A_1 \times (T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots (10.4)$$

حيث ان

$Q$  كمية الحرارة المنتقلة عن طريق الاشعاع  $(W)$

$\sigma$  معامل ستيفان بولتزمان (Stefen Baltzman) وقيمته  $(5.669 \times 10^8 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{K})$

$A_1$  مساحة السطح المعرض للاشعاع  $(\text{m}^2)$

$T_1$  درجة حرارة السطح المشع  $(^\circ\text{K})$

$T_2$  درجة حرارة السطح المعرض للاشعاع  $(^\circ\text{K})$

بالإضافة الى اعتماد انتقال الحرارة بين الأجسام على اختلاف درجات حرارتها فانها تعتمد ايضا على شكل الأجسام ومواقع بعضها البعض من ناحية التقابل والتجاور او التركيب الداخلي فيما بينها وتوجد معادلات رياضية يمكن بواسطتها حساب الحرارة المنتقلة بين الاجسام ومنها على سبيل المثال انتقال الحرارة بين سطحين متوازيين قصيرين او طويلين وانتقال الحرارة بين سطحي أسطوانتين متداخلتين باقطار مختلفة

#### 4 . 2 . 4 . الجمع بين طرق انتقال الحرارة

يمكن انتقال الحرارة باكثر من طريقة في آن واحد (Combination of Heat Transfer) . وقد شاع استعمال طريقة التناظر الكهربائي عند تمثيل انتقال الحرارة لحساب الحمل الحراري الكلي في المباني .

#### 4 . 3 . الاحمال الحرارية في المباني

يتشكل الحمل الحراري للمبنى من مجموع جزئين . يشمل الجزء الاول مجموع مكونات مصادر الحرارة المكتسبة من تأثير العوامل الجوية الخارجية على المبنى . ويشمل الجزء الثاني مجموع مكونات

مصادر الحرارة المكتسبة من تأثير عوامل ناتجة من داخل المبنى . ويمكن تقسيم هذه الاجزاء الى مفردات فرعية وثانوية . ويتم حساب مصادر الحمل الحراري على اساس الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة وسوف نتطرق اليها بالتفصيل لاحقا . يتطلب عند تكييف حيز معين معادلة حسابات الحمل الحراري المكتسب من داخل وعنارج الحيز بحيث يوفر ظروفا داخليا ملائما لمتطلبات الراحة لشاغلي الحيز .

#### 4 . 3 . 1 . مصادر الحرارة المكتسبة من عوامل خارجية تؤثر على المبنى

وتتولد هذه المصادر من تأثير الظروف الجوية المحيطة بالمبنى وتشمل مايلي :

- 1 . انتقال الحرارة من الاشعاع الشمسي المباشر والمبعثر الذي يدخل عن طريق النوافذ (الشبابيك) الثابتة والمتحركة .
- 2 . انتقال الحرارة بواسطة الكسب الانتقالي من حيز هواء الى حيز هواء مجاور عند اختلاف درجات الحرارة .
- 3 . انتقال الحرارة من الاشعاع الشمسي الساقط على جدران وسقوف المبنى
- 4 . انتقال الحرارة من المحيط الخارجي الى المحيط الداخلي للمبنى عند اختلاف درجات الحرارة
- 5 . الحرارة المحسوسة والكامنة المصاحبة لهواء التهوية والهواء المتسرب من وإلى داخل المبنى .
- 6 . الحرارة المكتسبة من الاثاث ومواد الزينة ( الدهكور ) داخل المبنى .

#### 4 . 3 . 2 . مصادر الحرارة المكتسبة من تأثير عوامل ناتجة من داخل المبنى

وتتولد هذه المصادر من الحرارة المنبعثة من الساكنين والاجهزة والاعمال الجارية داخل المبنى

وتشمل مايلي:

- 1 . الحرارة المتولدة من استعمال منظومة الانارة الكهربائية
- 2 . الحرارة المحسوسة والكامنة المنبعثة من اجسام الاشخاص المتواجدين في المبنى
- 3 . الحرارة المتولدة من قدرة الآلات والمعدات والاجهزة المستعملة داخل المبنى
- 4 . الحرارة المنبعثة من جراء سير الاعمال المتفرقة مثل الطبخ والتسخين... الخ .
- 5 . الحرارة المكتسبة من الاثاث ومواد الزينة ( الدهكور ) داخل المبنى .

#### 4 . 4 . حسابات الاحمال الحرارية في المباني

عند استعمال اي منظومة من منظومات التكييف سواء كانت تدفئة او تبريد يجب حساب مقدار الحمل الحراري للمبنى او الحيز المراد تكييفه . ويتم حساب مقدار الحمل الحراري للمبنى او الحيز من العوامل الخارجية والداخلية المؤثرة على المحيط الداخلي للمبنى او الحيز . ويكون حساب الاحمال الحرارية متشابه في مختلف المباني من حيث تأثير مفردات العوامل الخارجية والداخلية على المحيط الداخلي للمبنى . وهناك عوامل رئيسية تشكل جزءا كبيرا من الحمل الحراري في حين هناك عوامل اخرى غير رئيسية لا تشكل تأثيرا مهما في حسابات الاحمال الحرارية . ويمكن في بعض تصاميم المباني اهمال بعض العوامل سواء كانت خارجية او داخلية معتمدا على مقدار مشاركتها في حساب الاحمال الحرارية ونوع تصميم البنى وغاية الاستعمال المطلوب . وحسب ما تم التطرق اليه سابقا فان حساب الاحمال الحرارية سوف يساعد على اختيار قدرة المنظومة المطلوبة . وعند اختيار قدرة اي منظومة من منظومات التكييف سواءا كانت تدفئة او تبريد يجب ان تكون حسب احتياج حساب الاحمال الحرارية . وعند اختيار منظومة تكييف ذات قدرة اكبر من الحمل الحراري فان ذلك يسبب هدرا ماديا في تكلفة شراء وتشغيل وصيانة المنظومة بدون الاستفادة من الجهد المتولد من المنظومة بالكامل ، بالإضافة الى المردودات الجانبية الضارة . وعند اختيار منظومة تكييف اقل من الحمل الحراري للمبنى فان ذلك سوف يؤدي الى تشغيل المنظومة فترات اطول وبالتالي يتم استهلاك المنظومة في فترة قصيرة وعدم توفير الجو الملائم . وفي كلتا الحالتين فان شعور الساكنين بعدم الراحة في المبنى سوف يؤثر تأثيرا مباشرا على العيش ومستوى الانتاج . ولتفادي هذه المشاكل التي قد تحدث مما يجب الأخذ بعين الاعتبار حساب الاحمال الحرارية للمبنى لاختيار منظومة التكييف المناسبة .

#### 4 . 5 . حسابات الاحمال الحرارية نتيجة عوامل خارجية تؤثر على المبنى

فيما يلي سوف تعرض لكيفية احراء حسابات الاحمال الحرارية الخارجية التي تؤثر على المحيط الداخلي للمبنى بشئ من التفصيل .

#### 4 . 5 . 1 . احتساب الحرارة من الاشعاع الشمسي

توجد في لوحة المباني سطوح شفافة تستعمل لأغراض الإنارة والتهوية وتستعمل هذه السطوح أيضاً لتأمين المظهر المعماري للمبنى . عند سقوط اشعة الشمس على لوح زجاجي ينعكس جزء منها ويمتص جزء ضئيلاً مسبباً ارتفاع درجة حرارته في نفس الوقت ينفذ الجزء الأكبر من الاشعاع الشمسي خلال اللوح الزجاجي الى الحيز الداخلي للمبنى ، مما يسبب ارتفاع درجة حرارة الاجسام والسطوح الساقط عليها نتيجة امتصاصها للاشعاع .

ان الحرارة المكتسبة من سقوط الأشعة الشمسية على السطوح الشفافة تعتمد على الخواص الفيزيائية للسطوح الشفافة كما موضح في الجدول ( 4 . 4 ) المتمثلة بالعوامل التالية :

(1)  $\tau$  عامل النفاذية

(2)  $\alpha$  عامل الامتصاص

(3)  $i$  عامل الانعكاسية

ان لهذه العوامل تأثيراً مباشراً على كمية الطاقة الحرارية المكتسبة من الأشعة الشمسية . وبالنسبة للسطوح الشفافة مثل الزجاج المستعمل في الشبائيك فان الطاقة الشمسية النافذة خلال الزجاج (  $Q_{sg}$  ) للحالة المستقرة تحسب بالمعادلة التالية :

$$Q_{sg} = A \times I \left( \tau + \frac{\alpha \times u}{f_r} \right) \dots \dots \dots ( 11.4 )$$

حيث ان

$Q_{sg}$  الطاقة الشمسية النافذة خلال الزجاج ( W )

A مساحة سطح الزجاج المعرض لاشعة الشمس (  $m^2$  )

I الأشعة الشمسية الساقطة على السطح الخارجي (  $W/m^2$  )

$\frac{u}{f_r}$  نسبة الطاقة الشمسية المنتقلة الى الداخل بواسطة التوصيل والحمل الى الطاقة الشمسية

الساقطة الممتصة

$\alpha$  عامل الامتصاص

$f_r$  معامل انتقال الحرارة الخارجي

وغالبا ما يعرف المقدار  $I(\tau + \frac{\alpha \times u}{f})$  بالنسبة للزجاج الاعتيادي المفرد الصافي على انه عامل

الحرارة الشمسية المكتسب ( SHGF ) والقيم القصوى لهذا العامل تعتمد على الاتي :

(1) الاتجاهات الجغرافية للموقع

(2) سبط العرض بالنسبة للموقع

(3) الأشهر التي تمت فيها الحسابات

ويمكن صياغة معادلة ( 4 . 11 ) باستعمال ( SHGF )

$$Q_{sg} = A \times ( SHGF ) \dots\dots\dots( 4 . 12 )$$

حيث ان

$Q_{sg}$  الطاقة الشمسية النافذة خلال الزجاج ( W )

A مساحة سطح الزجاج المعرض لاشعة الشمس (  $m^2$  )

SHGF اقصى اشعاع شمسي يمكن الحصول عليه حسب الاتجاه (  $W/m^2$  ) وتؤخذ قيمته من

الجدول ( 4 . 5 ) عند استعمال المعادلتين ( 4 . 12 ) و ( 4 . 13 )

ويتم ادخال معامل التظليل (Sc) لتصحيح القيم ( SHGF ) للأنواع الأخرى من الزجاج عند

الأخذ بعين الاعتبار نوع المتأثر الداخلية وتعتمد على الأتي :

(1) نوعية الزجاج

(2) سمك الزجاج

ومن المعروف ان الأشعة الشمسية التي تدخل من خلال الشبائيك تشكل حملاً أنياً مضافاً على منظومة

التبريد ولهذا يجب ادخال عامل حمل التبريد ( CLF ) في الحسابات

ويمكن الاستعانة بالجدول ( 4 . 6 ) .

وحساب الحمل الحاصل من تأثير الأشعة الشمسية خلال الشبائيك يؤخذ في عين الاعتبار مايلي :

(1) الوقت الشمسي

(2) الاتجاهات

(3) ارتفاع الموقع عن مستوى سطح البحر



(4) اختلاف درجة الحرارة الجافة للهواء باختلاف الارتفاع عن مستوى سطح البحر

وعليه تكون المعادلة النهائية لحساب الاشعة الشمسية النافذة داخل الحيز (  $Q_{sin}$  ) كالآتي :

$$Q_{sin} = A \times SHGF \times Sc \times CLF \dots\dots\dots ( 13 . 4 )$$

حيث ان

$Q_{sin}$  الاشعة الشمسية النافذة داخل الحيز (  $W/m^2$  )

$A$  مساحة سطح الزجاج المعرض لاشعة الشمس (  $m^2$  )

$SHGF$  اقصى اشعاع شمسي يمكن الحصول عليه حسب الاتجاه (  $W/m^2$  ) من الجدول ( 5 . 4 )

$Sc$  معامل التظليل في حالة وجود ستائر داخلية وتتوقف على نوعية الستائر المستعملة المذكورة في الجدول ( 7 . 4 )

$CLF$  معامل حمل التبريد من الجدول ( 6 . 4 )

#### 4 . 5 . 2 . انتقال الحرارة من خلال الجدران والسقوف والارضيات

يتم انتقال الحرارة من خلال الجدران والسقوف عندما يكون هناك فرق في درجات الحرارة بين المحيط الداخلي والخارجي للمبنى . فإذا كانت درجة حرارة المحيط الخارجي اعلى من درجة المحيط الداخلي فإن الحرارة تنتقل من المحيط الخارجي الى المحيط الداخلي وتشكل حملاً ايجابياً على الحمل الحراري المطلوب للتدفئة .

وتساهم مقاطع الجدران والسقوف في التقليل من انتقال الحرارة خلالها عند استعمال مواد البناء قليلة التوصيل الحراري فكلما زادت قابلية مواد البناء على عدم التوصيلة زادت فعاليتها في تقليل الحمل الحراري الكلي المطلوب للتدفئة او التبريد . ويوضح الشكل ( 3 . 4 ) مقطعاً في جدار يستعمل مواد البناء .

ويتم حساب المكافئ العام لأنتقال الحرارة يتم استعمال المعادلات ( 4 . 4 و 3 . 4 و 4 . 4 ) ونود الإشارة الى ان معامل انتقال الحرارة بالحمل على السطح الداخلي والخارجي للجدران يمكن حسابه

بالمعادلات ( 4 . 14 و 4 . 15 ) حيث ان حساب مقاومة الحمل الحراري على السطح الداخلي والخارجي للحدار

$$R_i = \frac{1}{h_i} \dots\dots\dots ( 4 . 14 )$$

$$R_o = \frac{1}{h_o} \dots\dots\dots ( 4 . 15 )$$

وتدخل هذه المقاومات في المعادلتين ( 4 . 3 و 4 . 4 ) وتصبحان على النحو التالي :

$$R = R_i + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots\dots + R_o \dots\dots\dots ( 4 . 16 )$$

$$1/R = 1/R_i + 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4 + \dots\dots + 1/R_o \dots\dots\dots ( 4 . 17 )$$

حيث ان

$R_i$  مقاومة الحمل الحراري على السطح الداخلي (  $m^2 \text{ } ^\circ K/W$  )

$R_o$  مقاومة الحمل الحراري على السطح الخارجي (  $m^2 \text{ } ^\circ K/W$  )

$h_i$  معامل الحمل الحراري بالحمل للسطح الداخلي (  $W/ m^2 \text{ } ^\circ K$  )

$h_o$  معامل الحمل الحراري بالحمل للسطح الخارجي (  $W/ m^2 \text{ } ^\circ K$  )

ويتم حساب كمية الحرارة المنتقلة عبر الجدران والسقوف والارضيات باستعمال المعادلة ( 4 . 1 ) .

#### 4 . 6 . حسابات الاحمال الحرارية من عوامل ناتجة من داخل المبنى

وفيما يلي نتعرض لكيفية احراء حسابات الاحمال الحرارية الداخلية للمبنى بالتفصيل .

##### 4 . 6 . 1 . الحرارة المتولدة من استعمال منظومة الانارة

ان استعمال منظومة الانارة الكهربائية في المباني تولد حرارة (Heat Emission from Electric Lighting) يتم انتقالها من المصابيح الكهربائية الى جزئيات الهواء المحاورة لها ويتم تسخين هذه الجزئيات وانتقال الحرارة الى الجزئيات المحاورة في الهواء الموجود في داخل المبنى . ويعتمد حساب كمية الحرارة المتولدة على نوعية وقدرة المصابيح المستعملة في منظومة الانارة وهي :

١ - منظومة ائارة تستعمل مصابيح سلكية حرارية ( Tungsten Lamp )  
هذه المصابيح مستعملة بصورة شائعة في منظومة الائارة التقليدية في المباني . ويمكن حساب الحرارة المتولدة من منظومة الائارة بالمعادلة التالية :

$$Q_{LN} = \text{No of Lamps} \times \text{Power} \dots\dots (18.4)$$

حيث ان

$$Q_{LN} \text{ كمية الحرارة المتولدة من الائارة العادية (W)}$$

$$\text{No of Lamps} \text{ عدد المصابيح المستعملة في منظومة الائارة}$$

$$\text{Power} \text{ قدرة المصباح (W)}$$

ب - منظومة ائارة تستعمل المصابيح الانبوية الغازية  
وعند استعمال المصابيح الانبوية الغازية ( Fluorescent Lamp ) يتم ادخال عامل التفجير او الكبح ( Pallast Factor ) ويحسب بالمعادلة التالية :

$$Q_{LF} = \text{No of Lamps} \times \text{Power} \times p_f \dots\dots (19.4)$$

حيث ان

$$p_f \text{ عبارة عن معامل الكبح ( Pallast factor ) ويعخذ من الجدول ( 8.4 ) .}$$

#### ٤ . ٦ . ٢ . الحرارة المنبعثة من اجسام الاشخاص المتواجدين في المبنى

وهي الحرارة المنبعثة من اجسام الاشخاص المتواجدين او الشاغلين للمبنى  
(Heat Emission per Occupants) وتتكون من مجموع الحرارة الكامنة والحرارة المحسوسة  
التي ينتجها جسم الانسان نتيجة قيامه ببعض الاعمال وتحدث نتيجة تبخر العرق  
ووجود بخار الماء في التنفس .  
ويتم حساب الحرارة للمتقلة من الاشخاص بالمعادلات التالية :  
اولا : الحرارة المحسوسة

$$Q_s = \text{No} \times \text{Sens. H} \times \text{CLF} \dots\dots (20.4)$$

ثانيا : الحرارة الكامنة

$$Q_L - No \times Lat.H \dots\dots (21.4)$$

حيث ان

No عدد الاشخاص الشاغلين للمحيز المراد تكييفه

Sens.H الحرارة المحسوسة الناتجة من شاغلي المكان وتنتج هذه الحرارة حسب طبيعة العمل المنجز

تؤخذ قيمته من الجدول ( 9 . 4 )

CLF معامل حمل التبريد تؤخذ قيمته من الجدول ( 7 . 4 )

Lat.H الحرارة الكامنة الناتجة من عملية التنفس والتعرق المنبعثة من الاشخاص المتواجدين في

المبنى تؤخذ قيمته من الجدول ( 9 . 4 )

ولاستخراج الخواص الفيزيائية للهواء في المحيز المكيف نلجأ الى المخطط السايكوميترى ( Psychrometric Chart ) كما موضح الشكل ( 4 . 4 ) .

#### 4 . 6 . 3 . الاحمال الحرارية الناتجة عن التسرب

هو الحمل الحراري المتقل بواسطة تسرب ( Infiltration ) جزء من الهواء من والى داخل المحيز عبر الشقوق والفتحات . ويحدث التسرب بسبب مايلي :

1 . فرق الضغط الناتج عن هبوب الرياح المؤثرة على المبنى

2 . عدم احكام قفل الابواب والنوافذ وبعض الفتحات الاخرى مثل فتحات التهوية الاصطناعية

3 . استعمال المدخل الرئيسية والجانبية لدخول ومخروج الساكنين من والى المبنى .

ويوضح الجدول ( 10 . 4 ) معدل التسرب من الابواب والنوافذ ( الشبايك ) والفتحات الاخرى .

ويقل معدل التسرب كلما كان استعمال الابواب والنوافذ من الانواع ذات الاحكام الجيد وتستعمل المطاط في اوجه التماس .

يمكن تقسيم الاحمال الحرارية الناتجة عن تسرب الهواء من والى داخل المحيز المكيف نتيجة الشقوق والفتحات واستعمال المدخل الرئيسية الى فقدان حراري محسوس وكامن .

### أ - الفقدان الحراري المحسوس ( Sensable Heat )

ويتم حسابه بالمعادلة التالية :

$$Q_s = \dot{V} \times \rho \times C_p \times (t_i - t_o) \dots\dots (22.4)$$

حيث ان

$\dot{V}$  معدل تسرب ( تخلخل ) الهواء (  $m^3 / s$  )

$\rho$  كثافة الهواء (  $1.2 \text{ kg/m}^3$  )

$C_p$  الحرارة النوعية للهواء عند ثبوت الضغط (  $1.017 \text{ kJ /kg.}^\circ\text{K}$  )

$t_i$  درجة الحرارة الهواء داخل المبنى (  $^\circ\text{C}$  )

$t_o$  درجة الحرارة الهواء خارج المبنى (  $^\circ\text{C}$  )

ويمكن حساب معدل تسرب ( تخلخل ) الهواء (  $m^3 / s$  ) بالمعادلة التالية :

$$\dot{V} = 0.172 A \sqrt{H (t_o - t_i)} \dots (23.4)$$

حيث ان  $A$  المساحة التي يحدث بها تسرب الهواء دخولاً أو خروجاً (  $m^2$  )

$H$  الارتفاع بين مكان دخول وخروج الهواء (  $m$  )

$t_i$  درجة حرارة الهواء داخل المبنى (  $^\circ\text{C}$  )

$t_o$  درجة الحرارة الهواء خارج المبنى (  $^\circ\text{C}$  )

ونتطبيق الثوابت الفيزيائية للهواء ( $C_p$  و  $\rho$ ) نستنتج المعادلة التالية لحساب الفقدان الحراري المحسوس:

$$Q_s = 1.22 \times \dot{V} \times (t_i - t_o) \dots\dots (24.4)$$

### ب - الفقدان الحراري الكامن ( Latent Heat )

ويتم حسابه بالمعادلة التالية :

$$Q_L = \dot{V} \times \rho \times (w_i - w_o) \times h_{fg} \dots\dots (25.4)$$

حيث ان

$\dot{V}$  معدل تسرب (تخلخل) الهواء (  $m^3 / s$  )

$\rho$  كثافة الهواء (  $1.2 \text{ kg/m}^3$  )

$w_i$  المحتوى الرطوبي للهواء الداخل (  $\text{kg} / \text{kg dry air}$  )

$w_o$  المحتوى الرطوبي للهواء الخارج (  $\text{kg} / \text{kg dry air}$  )

$h_{fg}$  الحرارة الكامنة للتبخر (  $2450 \text{ kJ} / \text{kg}$  )

وعند تعويض الخواص الفيزيائية للهواء (  $\rho$  و  $h_{fg}$  ) في المعادلة (4 . 25) نحصل على المعادلة التالية

$$Q_L = 2940 \times \dot{V} \times (w_i - w_o) \dots\dots (26 . 4)$$

ويكتفي اعتياديا بحساب الفقدان الحراري الكلي بسبب حمل التسرب بالمعادلة التالية :

$$Q_t = \dot{V} \times \rho \times (h_i - h_o) \dots\dots (27 . 4)$$

حيث ان

$h_i$  المحتوى الحراري للهواء الداخلي ( Specific Enthalpy  $\text{kJ/kg}$  )

$h_o$  المحتوى الحراري للهواء الخارجي ( Specific Enthalpy  $\text{kJ/kg}$  )

وتؤخذ هذه القيم من الشكل (4 . 4) .

#### 4 . 6 . 4 . الاحمال الحرارية الناتجة عن التهوية

هو الحمل الحراري الذي ينتقل بواسطة الهواء الداخل والخارج من وإلى المبنى عن طريق

فتحات التهوية ( Ventilation ) . ويتم تغيير الهواء الموجود داخل حيز ما عدة مرات في الساعة

معتمدا على طبيعة المكان وغاية الاستعمال وعدد الاشخاص المتواجدين . ويوضح الجدول

( 4 . 11 ) عدد مرات تغيير الهواء بالنسبة الى نوع المباني وطبيعة الاعمال الجارية . ويمكن حساب

السرعة النظرية لتدفق للهواء (  $m/s$  ) بالمعادلة التالية:

$$v = \sqrt{g \cdot H \cdot (T_i - T_o) / T_o} \dots\dots (28 . 4)$$

حيث أن

$g$  ثابت التعجيل الأرضي (  $9.81 \text{ m/s}^2$  )

$H$  الارتفاع بين مكان دخول وخروج الهواء (  $m$  )

$T_i$  درجة حرارة الهواء الداخلية (  $^{\circ}K$  )

$T_o$  درجة حرارة الهواء الخارجية (  $^{\circ}K$  )

- ويمكن الاستعاضة عن استعمال المعادلة ( 4 . 28 ) باستعمال الأرقام المذكورة في الجدول ( 4 . 12 ) .  
وتؤخذ سرعة تدفق الهواء العملية من 1/2 الى 2/3 سرعة الهواء النظرية المحسوبة بالمعادلة ( 4 . 28 ) .  
وعند احراء عملية حسابات التهوية يجب مراعاة مواقع فتحات التسرب وانواع منظومات التهوية .  
ويمكن حساب معدل تغيير كتلة الهواء (  $kg/s$  ) حسب المعادلة التالية :

$$\dot{m} = V \times \rho \times (\text{Air-Change/hr}) \times (1/3600) \dots ( 4 . 29 )$$

حيث ان

$V$  حجم الحيز (  $m^3$  )

$\rho$  كثافة الهواء (  $kg/m^3$  )

- $\text{Air-Change/hr}$  عدد مرات تغيير الهواء للحيز حسب الجدول ( 4 . 11 ) .  
ويمكن حساب الحرارة المنتقلة بالتهوية بالمعادلة التالية :

$$Q_V = \dot{m} \times C_p \times (t_i - t_o) \dots\dots\dots ( 4 . 30 )$$

- وتتم حسابات التهوية بنفس المعادلات السابقة التي استعملت في حسابات حمل التسرب .

#### 4 . 6 . 5 . الحرارة المتولدة من الاجهزة والمعدات

- تتولد الحرارة من حراء اشتغال الاجهزة والمعدات الخدمية والمكتبية المستعملة في المباني .  
وتتولد هذه الحرارة من استعمال المولدات الكهربائية الدوارة التي تستهلك طاقة كهربائية وبمجموعة

العتلات والدواليب المتحركة وكذلك الاجهزة الالكترونية ومحولات التيار المستعملة فيها . ويعتبر المحرك الكهربائي المصدر الرئيسي للحرارة في الجهاز . وتعتمد هذه الحرارة على تردد المحرك وكفائته ومكان وجوده سواء في حيز مكيف أو غير مكيف . تدار المحركات بواسطة الطاقة الكهربائية التي تتحول الى طاقة حركية وطاقة حرارية تتسرب الى الهواء المحيط . وعند وجود المحرك والآلة في نفس الحيز المكيف فيعنى هذا أن الحرارة المتولدة هي مجموع الحرارة المتولدة من المحرك والآلة وإذا كان المحرك خارج الحيز المكيف فان الحرارة من الآلة فقط تضاف الى الحيز المكيف . ويمكن حساب الحرارة المتولدة ( W ) من الاجهزة والمعدات بالمعادلة التالية :

$$Q_{eq} = \sum \text{No of Eq} \times \text{Power} \dots (4. 31)$$

حيث ان

**No of Eq** عدد الاجهزة المستعملة من كل نوع

**Power** قدرة الجهاز المستعمل ( W )

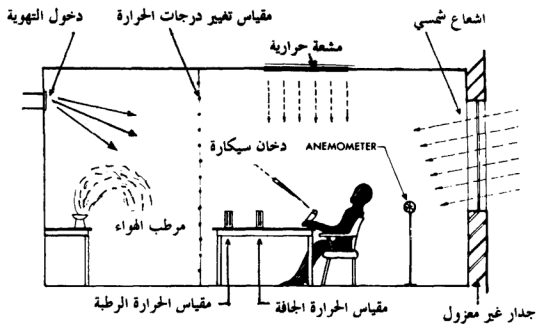
ويوضح الجدول ( 4 . 13 ) نوع وقدره الاجهزة الخدمية والمكتبية المستعملة في المباني .

وهنا لابد من ان نميز بين الاحمال الحرارية التي تدخل في حسابات الاحمال الحرارية صيفا وشتاء . بعض الاجهزة والاحمال الحرارية تدخل في حسابات الاحمال الحرارية صيفا وشتاء ان كانت تستعمل على مدار السنة مثل الاجهزة المكتبية والخدمية والحاسوب ومنظومة الانارة... الخ ، في حين لايمكن اعتبار حساب الحرارة اناجثة من تشغيل الدفاية الكهربائية او الغازية مثلا لعدم استعمالها في فصل الصيف .

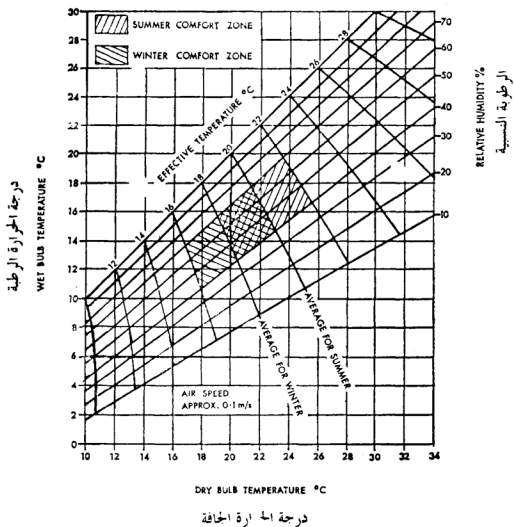
لغرض حسابات الاحمال الحرارية المتغيرة عبر الجدران والسقوف والارضيات والشبابيك والابواب لفروق درجات الحرارة الخارجية والداخلية التصميمية المرغوب بها صيفا وشتاءا ان كانت تحسب هذه الاحمال منفردة حسب درجات الحرارة صيفا وشتاءا وتضاف الى الاحمال الحرارية الكلية للصيف والشتاء . ومنها نستنتج الحاجة الى كميات الطاقة المطلوبة للتدفئة والتبريد للمبنى . ويستعمل عادة في حالة التبريد قياس طن تبريد ( ton refrigeration ) ويساوي 3517 واط ( او 12000 وحدة حرارية بريطانية / ساعة ) . ويستعمل قدرة الطاقة بالواط في حالة التدفئة .



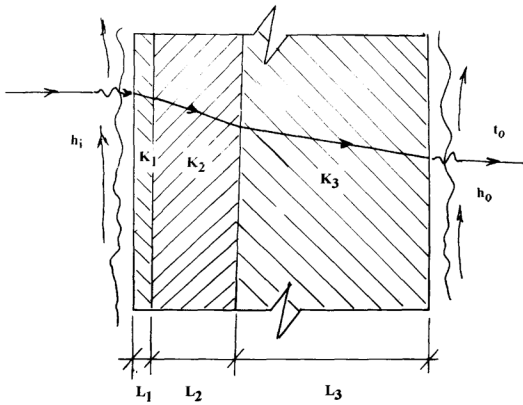
ومن الجدير بالذكر ان هناك عوامل عديدة تدخل في حسابات الاحمال الحرارية للمباني ويعتمد تأثيرها على نوعية المواد المستخدمة وطريقة البناء المتبعة وغاية الاستعمال المنشودة في المبنى ونذكر على سبيل المثال ان من اهم هذه العوامل هي الفقدان الحاصل نتيجة انتقال الحرارة بواسطة التوصيل الذي يحدث في الزوايا ( تقاطع الجدران في الزوايا ) وتأثير هبوب الرياح على المبنى واعتبار الموقع الجغرافي من ناحية الاتجاه الجغرافي والارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر ... الخ . وكلما زاد عدد العوامل المؤثرة الداخلة في حسابات الاحمال الحرارية امكن اختيار قدرة منظومة التكييف المطلوبة بدقة اكثر . ولتلافي حسابات العوامل غير الضرورية المفصلة التي اشير اليها اعلاه ، يمكن اهمالها خلال عمليات حسابات الاحمال الحرارية للمبنى واعتماد عامل الامان كأحتياطي تقدر قيمته من قبل المهندس المختص بالاستعاضة عن الاهمال الحاصل في حسابات العوامل غير الضرورية . وتتوفر الان في الاسواق برامج حاضرة متخصصة تعمل على الحاسوب يمكن تفذيتها بالمعلومات والحصول على تصميم مثالي للمنظومة المطلوبة وتحديد مواصفات اجزاها بصورة دقيقة .



شكل ( 1 . 4 ) بعض العوامل المؤثرة على راحة الانسان

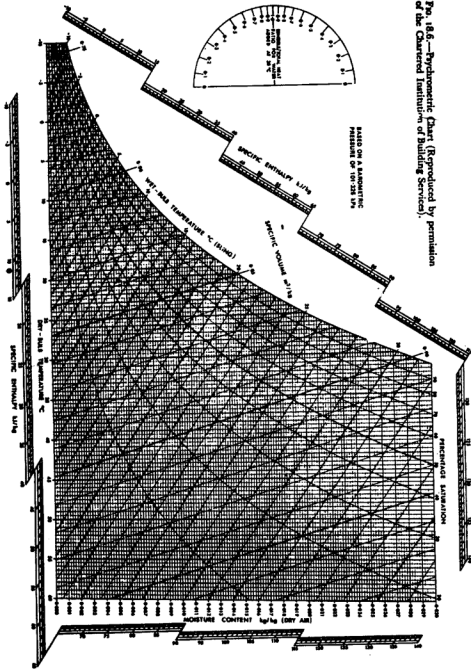


شكل ( 2 . 4 ) حدود درجات الحرارة والرطوبة النسبية المريحة للإنسان



شكل ( 3 . 4 ) انتقال الحرارة خلال طبقات الجدار

Fig. 18.6.—Psychrometric Chart (Reproduced by permission of the Chartered Institution of Building Services).



شكل ( 4 . 4 ) المخطط السايكرومترى ( Psychrometric Chart )

## جدول ( 1 . 4 ) مواصفات مواد البناء والعازلة

TRANSMITTANCE COEFFICIENTS U <sup>1</sup> (W/m <sup>2</sup> K) FOR 'NORMAL' EXPOSURE (including allowance for moisture as appropriate)		Thickness, mm				
WALLS	مواصفات مواد البناء	105	220	260	335	375
<b>Brickwork</b>						
Solid						
	Unplastered	-	-	-	-	-
	Plastered	-	-	-	-	-
	Cavity (unventilated) brick outer skin	-	-	-	-	-
	Brick inner skin, plastered	-	-	-	-	-
	Lightweight concrete inner skin, 13 mm expanded polystyrene in cavity, plastered	-	-	-	-	-
	Brick inner skin, plastered, cavity filled with urea formaldehyde or mineral wool	-	-	-	-	-
		3.3	2.3	—	1.7	—
		3.0	2.1	—	1.7	—
		—	—	1.5	—	1.2
		—	—	0.7	—	—
		—	—	0.5	—	—
<b>Concrete</b>						
	In situ					
	Cast, unplastered	-	-	-	-	-
	Cast with 50 mm woodwool on inside, plastered	-	-	-	-	-
	Pre-cast	-	-	-	-	-
	Panel with 50 mm cavity and lined with 25 mm expanded polystyrene plus plasterboard finish	-	-	-	-	-
					0.80	—
<b>Framed Constructions</b>						
	5 mm asbestos cement sheet					
	Bare on frame	-	-	-	-	5.3
	On frame with cavity and aluminium foil backed plasterboard	-	-	-	-	1.8
	Double skin with 25 mm glass fibre insulation in between	-	-	-	-	1.1
	Tile hanging on timber battens and building paper, 50 mm glass fibre in cavity, plasterboard finish	-	-	-	-	0.65
	Weather boarding on building paper and timber frame, 50 mm glass fibre in cavity, plasterboard finish	-	-	-	-	0.62
<b>Curtain Walling (typical examples)</b>						
	With 5% bridging by metal mullions					
	Mullions projecting outside	-	-	-	-	1.2
	Mullions projecting inside and outside	-	-	-	-	1.8
	With 10% bridging by metal mullions					
	Mullions projecting outside	-	-	-	-	1.5
	Mullions projecting inside and outside	-	-	-	-	2.8
<b>GLAZING (measured over wall opening)</b>						
	Single					
	Metal frames	-	-	-	-	5.6
	Timber frames	-	-	-	-	4.3
	Double, air space 20 mm or over					
	Metal frames	-	-	-	-	3.2
	Timber frames	-	-	-	-	2.5

-101-

مواصفات المواد العازلة المستعملة في المباني

THERMAL INSULATING MATERIALS FOR BUILDING

Material	Bulk Density kg/m <sup>3</sup>	Conductivity W/m K
Concrete, Lightweight block*	600	0.180
Corkboard	145	0.042
Fibreboard (insulating)	380	0.060
Glassfibre, quilt	80	0.040
Kapok, quilt	30	0.030
Mineral wool, loose mat	180	0.042
Polystyrene, expanded, board	15	0.037
Polyurethane board	30	0.023
Pumice, loose granules	350	0.070
Sawdust, loose	145	0.080
Thatch, straw	240	0.070
Urea formaldehyde foam	10	0.031
Vermiculite, granules	100	0.065
Wood-wool, slabs	600	0.110

\* Protected, moisture content 3% by volume



جدول ( 2 . 4 ) الخواص الفيزيائية للمواد

PROPERTIES OF MATERIALS

Material	Density (Specific Mass)	Specific Heat Capacity	Coeff. of Linear Expansion per K $10^{-6} \times \dots$	Thermal Conductivity (k)
	kg/m <sup>3</sup>	kJ/kg K		W/m K
<i>Metals</i>				
Aluminium (sheet) - - - -	2 700	0.98	25.5	238
Brass (Cast) - - - -	8 100	0.36	18.8	109
Copper (sheet) - - - -	8 800	0.39	17.5	385
Iron (Cast) - - - -	7 400	0.51	10.2	47
Lead - - - -	11 400	0.14	29.0	35
Magnesium - - - -	1 700	1.05	25.5	157
Mercury (0° C) - - - -	13 600	0.14	60.0	7
Mild Steel - - - -	7 800	0.48	11.3	48
Tin - - - -	7 300	0.23	21.4	64
Zinc (sheet) - - - -	7 200	0.39	26.1	112
<i>Building Materials</i>				
Asbestos cement (sheet) - - - -	1 550	0.84	9.9	0.45
Asphalte - - - -	2 250	1.68	—	1.2
Brick (exposed) - - - -	1 800	0.79	2.2	1.07
Concrete (exposed) - - - -	2 400	0.84	9.9	2.55
Firebrick (at 400° C) - - - -	2 000	0.84	4.9	1.0
Glass (sheet) - - - -	2 500	0.84	8.4	1.05
Granite - - - -	2 650	0.90	7.9	2.9
Limestone - - - -	2 200	0.86	6.3	1.5
Marble - - - -	2 700	0.90	11.0	2.0
Plaster - - - -	1 300	0.84	—	0.46
Plaster board - - - -	950	0.84	—	0.16
Slate - - - -	2 700	0.75	19.6	1.9
Tiles (burnt clay) - - - -	1 900	0.84	—	0.85
<i>Timber</i>				
Deal - - - -	600	1.21	4 to 8 along grain	0.13
Oak - - - -	750	1.88	20 to 80 across grain	0.16
Pitch pine - - - -	650	2.30	(when dry)	0.14
<i>* Insulating Materials</i>				
Asbestos Millboard - - - -	700	0.82	—	0.11
Lightweight Concrete - - - -	600	0.84	1.4	0.18
Cork board - - - -	150	1.80	—	0.04
Diatomaceous Brick - - - -	500	0.80	1.4	0.09
Fibreboard - - - -	380	—	—	0.05
Glass Fibre (quilt) - - - -	80	0.82	—	0.04
Calcium Silicate - - - -	200	—	—	0.07
Polystyrene (expanded) - - - -	15	—	—	0.04
Vermiculite (loose) - - - -	100	—	—	0.07
Wood wool (slab) - - - -	600	—	—	0.11
<i>Miscellaneous</i>				
Water 4° C - - - -	1 000	4.205	0	0.6
15° C - - - -	998.5	4.186	65	0.6
100° C - - - -	958.4	4.214	250	0.67
Ice - - - -	920	2.1	52	2.2
Air (at normal pressure) 20° C - - - -	1.205	1.012	—	0.027
100° C - - - -	0.943	1.017	—	0.027

جدول ( 3 . 4 ) الخواص الفيزيائية للموائع

السوائل

MATERIAL	$\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	$\beta \times 10^4$ (1/K)	$(U/\text{kg} \cdot \text{K})$	$k$ (W/m.K)	$\alpha \times 10^6$ ( $\text{m}^2/\text{s}$ )	$\mu \times 10^4$ ( $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ )	$\nu \times 10^6$ ( $\text{m}^2/\text{s}$ )	Pr	$g\beta/\nu^2 \times 10^{-10}$ (1/K.m <sup>3</sup> )
Ammonia	611.8	24.5	4.798	0.521	0.1775	2.196	0.359	2.02	18.64
Engine oil	885.2	7	1.880	0.145	0.0872	7.990	900	104	0.00000085
Ethyl alcohol	789	11	2.470	0.182	0.0934	12	1.52	16.29	0.467
Freon 12	1.330		965.9	0.073	0.056	2.633	0.198	3.5	
Mercury	13.579	1.82	139.4	8.69	4.606	15.48	0.114	0.0249	13.73
Water	998.2	2.1	4.182	0.597	0.143	9.93	1.006	7.0	0.2035

الغازات تحت الضغط الجوي

MATERIAL	$\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	$\beta \times 10^3$ (1/K)	$(U/\text{kg} \cdot \text{K})$	$k$ (W/m.K)	$\alpha \times 10^4$ ( $\text{m}^2/\text{s}$ )	$\mu \times 10^6$ ( $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ )	$\nu \times 10^6$ ( $\text{m}^2/\text{s}$ )	Pr	$g\beta/\nu^2 \times 10^{-10}$ (1/K.m <sup>3</sup> )
Air, dry	1.164	3.41	1.012	0.0251	0.220	18.240	15.7	0.71	136
Carbon dioxide	1.849	3.4	862	0.01606	0.1014	14.626	7.97	0.773	472
Carbon monoxide	1.097	3.4	1.042	0.02472	0.2041	17.50	15.06	0.739	133
Helium	0.1708	3.51	5.200	0.1471	1.738	19.84	122.2	0.703	3.08
Hydrogen	0.0841	3.42	14.278	0.1784	1.495	8.817	105.5	0.707	3.18
Nitrogen	1.182	3.4	1.041	0.0256	0.2121	17.50	15.07	0.715	184
Oxygen	1.338	3.4	919	0.02618	0.2143	20.24	15.24	0.711	153.5

جدول ( 4 . 4 ) الخواص الفيزيائية للسطوح الشفافة

Glass or Shading Element	Absorption coefficient	Reflection coefficient	Transmission coefficient
4 mm clear glass	0.08	0.08	0.84
6 mm plate glass	0.14	0.08	0.80
6 mm heat-absorbing glass	0.40	0.06	0.54
6 mm silver laminate glass	0.45	0.41	0.14
Light-coloured Venetian blinds with their slats at 45°	0.37	0.51	0.12

	Angle of incidence							
	0°	20°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Transmissivity	0.87	0.87	0.86	0.84	0.79	0.67	0.42	0
Absorptivity	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0

جدول ( 5 . 4 ) أقصى اشعاع شمسي يمكن الحصول عليه

حسب الاتجاه الجغرافي ( SHGF )

أقصى اشعاع شمسي يمكن الحصول عليه من الزجاج الخارجي المعرض للشمس (  $w/m^2$  )

24 Deg										
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR
Jan.	85	85	129	404	590	757	798	760	716	675
Feb.	95	95	252	521	694	770	767	672	606	786
Mar.	107	142	391	615	718	748	675	530	432	864
Apr.	117	278	502	659	719	669	511	338	237	893
May	136	369	562	675	688	590	416	211	145	890
June	174	401	581	675	669	565	369	174	136	880
July	142	366	555	663	672	584	407	205	145	871
Aug.	120	274	492	640	694	644	511	325	227	874
Sep.	110	133	375	584	700	710	650	514	423	839
Oct.	98	98	249	502	646	748	741	633	590	770
Nov.	85	85	133	398	590	745	786	748	707	672
Dec.	82	82	91	353	568	738	779	779	748	628

28 Deg										
	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR
Jan.	79	79	110	369	577	741	792	779	751	618
Feb.	91	91	227	495	672	770	776	707	653	738
Mar.	104	129	366	596	729	748	697	574	495	836
Apr.	114	265	476	647	719	681	562	391	297	877
May	126	363	543	666	691	615	454	262	183	883
June	161	394	562	666	672	581	404	207	155	877
July	129	360	536	656	678	599	442	252	180	870
Aug.	120	262	470	628	694	653	543	379	287	858
Sep.	107	120	350	565	691	713	672	558	486	808
Oct.	95	95	224	476	644	745	751	685	617	722
Nov.	82	82	110	363	571	732	779	767	741	615
Dec.	75	76	76	312	543	716	782	792	776	565

31 Deg										
	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR
June	76	76	91	331	552	722	786	789	776	555
Feb.	85	85	205	470	647	764	782	732	697	685
Mar.	101	117	338	577	716	748	716	615	555	795
Apr.	114	252	461	631	716	691	590	445	363	855
May	120	350	556	656	694	628	489	312	231	874
June	139	385	555	656	675	596	439	262	199	871
July	126	350	527	643	678	612	471	301	227	861
Aug.	117	249	445	615	691	663	571	429	350	836
Sep.	104	110	325	546	678	716	688	596	540	770
Oct.	88	88	199	451	615	738	754	710	678	672
Nov.	76	76	91	325	546	710	773	776	767	552
Dec.	69	69	69	265	511	688	776	795	795	498

36 Deg										
	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/ENW	E/W	ESE/ESW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR
Jan.	69	69	76	284	524	691	779	795	795	489
Feb.	82	82	180	439	615	754	782	754	732	628
Mar.	95	104	312	555	704	751	732	650	606	751
Apr.	110	240	454	618	710	697	618	492	436	827
May	120	338	530	644	694	644	521	346	293	858
June	148	372	552	647	678	612	473	312	243	861
July	123	338	521	634	681	628	508	357	284	846
Aug.	114	237	435	599	688	669	596	476	413	811
Sep.	98	98	300	527	663	719	704	631	590	736
Oct.	85	85	177	420	590	726	754	729	710	615
Nov.	69	69	76	274	514	678	767	782	782	486
Dec.	63	63	63	218	476	644	760	798	801	429

ملاحظة : توجد جداول لغارج حدود الوطن العربي ( ASHRAE HANDBOOK 1985 )

اقصى اشعاع شمسي يمكن الحصول عليه من الزجاج الخارجي المظلل (  $w/m^2$  )

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	(ALL LAT.) HOR
Jan.	98	98	98	101	107	114	117	117	120	50
Feb.	107	107	107	110	114	117	120	120	123	50
Mar.	114	114	117	120	123	126	126	123	123	60
Apr.	126	126	130	133	133	133	129	126	126	76
May	137	139	142	145	142	136	129	126	126	88
June	142	145	148	148	145	139	129	126	126	98
July	142	142	145	148	148	142	133	129	129	98
Aug.	133	133	136	142	145	142	136	133	133	88
Sept.	117	117	120	126	129	133	133	129	129	71
Oct.	107	107	107	114	120	123	126	126	126	60
Nov.	101	101	101	101	107	114	120	120	123	54
Dec.	95	95	95	98	101	107	114	117	117	47

# جدول ( ٤ . ٦ ) معامل حمل التبريد ( CLF )

معامل حمل التبريد ( CLF ) للزجاج بدون مظلات داخلية ، خطوط عرض شمالية

Face- tation Facing	Room Con- struction	Solar Time, h																								
		9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	
N (Shaded)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.37	0.42	0.48	0.54	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.75	0.64	0.41	0.24	0.14	0.08	0.04	0.02	0.01
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.71	0.58	0.36	0.21	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.55	0.33	0.20	0.11	0.06	0.04	0.02	0.01
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	0.25	0.18	0.10	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.24	0.16	0.10	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.33	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.28	0.22	0.15	0.09	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.25	0.19	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.29	0.26	0.23	0.17	0.11	0.07	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.46	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.16	0.10	0.07	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.16	0.10	0.07	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.16	0.10	0.07	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.14	0.09	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.16	0.10	0.07	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.33	0.31	0.29	0.26	0.23	0.17	0.11	0.07	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.42	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.15	0.10	0.07	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.18	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.20	0.14	0.09	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01
	H	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.19	0.32	0.43	0.50	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.14	0.09	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01
SE	L	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.41	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.13	0.08	0.05	0.03	0.02	0.01
	M	0.08	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.15	0.10	0.07	0.04	0.02	0.01
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.14	0.09	0.06	0.04	0.02	0.01
SSE	L	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	0.31	0.27	0.22	0.16	0.11	0.07	0.04	0.02
	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.26	0.21	0.15	0.10	0.07	0.04	0.02
	H	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.12	0.19	0.29	0.40	0.49	0.54	0.53	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.17	0.12	0.08	0.05	0.03	0.02
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.21	0.15	0.10	0.07	0.04	0.02
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.51	0.47	0.41	0.36	0.29	0.22	0.16	0.11	0.07	0.04	0.02
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.53	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26	0.20	0.14	0.09	0.06	0.04	0.02
SSW	L	0.30	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.21	0.15	0.10	0.07	0.04
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.51	0.44	0.37	0.30	0.23	0.17	0.12	0.08	0.05
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.55	0.49	0.40	0.33	0.27	0.21	0.15	0.10	0.07	0.04
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.61	0.51	0.43	0.36	0.29	0.23	0.17	0.12
	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.58	0.51	0.43	0.36	0.29	0.23	0.17	0.12	0.08
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.54	0.49	0.42	0.35	0.29	0.23	0.17	0.12	0.08
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.11	0.17	0.26	0.40	0.52	0.62	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.26	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.46	0.40	0.34	0.28	0.22	0.16	0.11
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
WNW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.61	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.46	0.53	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.23	0.36	0.46	0.53	0.57	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
NW	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.23	0.33	0.43	0.53	0.60	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
	M	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.57	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
	H	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
NNW	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.67	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.51	0.56	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.26	0.28	0.28	0.31	0.38	0.46	0.51	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
HOR	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.27	0.19	0.13	0.08	0.05	0.02
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.60	0.67	0.68	0.66	0.62	0.56	0.46	0.36	0.27	0.19	0.13	0.08	0.05	0.02
	H	0.17	0.16	0.14	0.13	0.11	0.13	0.18	0.26	0.35	0.44	0.52	0.60	0.67	0.68	0.66	0.62	0.56								

معامل حمل التبريد ( CLF ) للزجاج مع مظلات داخلية ، مخطوط حرش شمالية

Penetration Facing	Solar Time, h																							
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
N	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10
NNE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.64	0.77	0.62	0.42	0.37	0.37	0.36	0.35	0.32	0.28	0.23	0.17	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04
NE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
ENE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.52	0.76	0.80	0.71	0.52	0.31	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
E	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
ESE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.41	0.67	0.79	0.80	0.72	0.54	0.34	0.27	0.24	0.21	0.19	0.15	0.12	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04
SE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
SSE	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.12	0.31	0.54	0.72	0.81	0.81	0.71	0.54	0.38	0.32	0.27	0.22	0.16	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
S	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.23	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
SSW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.09	0.14	0.18	0.22	0.27	0.43	0.63	0.78	0.84	0.80	0.66	0.46	0.25	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
SW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
WSW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.23	0.44	0.64	0.78	0.84	0.78	0.55	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
W	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
WNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.22	0.43	0.65	0.80	0.84	0.66	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.11	0.17	0.22	0.26	0.30	0.32	0.33	0.34	0.34	0.39	0.61	0.82	0.76	0.17	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NOR.	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

معامل حمل التبريد ( CLF ) عند استعمال الانارة لمدة 12 ساعة

"a" Cool- Scheme	"b" Class Efficiency	Number of hours after lights are turned on																								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
0.45	A	0.05	0.49	0.19	0.47	0.71	0.78	0.83	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.51	0.41	0.33	0.27	0.22	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	
	B	0.13	0.57	0.61	0.65	0.69	0.72	0.75	0.77	0.79	0.82	0.83	0.85	0.87	0.43	0.39	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.18	0.17	0.16	
	C	0.19	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.74	0.76	0.77	0.79	0.80	0.81	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	
	D	0.22	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.74	0.75	0.76	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.26	0.25	0.24	0.23	
0.55	A	0.04	0.58	0.46	0.73	0.78	0.82	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.42	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	
	B	0.11	0.65	0.68	0.72	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.35	0.32	0.28	0.24	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	
	C	0.15	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	0.83	0.84	0.85	0.30	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	
	D	0.18	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.76	0.77	0.78	0.78	0.79	0.80	0.80	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23	0.22	0.22	0.21	0.20	0.19	0.19	
0.65	A	0.03	0.67	0.74	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	
	B	0.09	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.84	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.27	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	
	C	0.12	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	0.86	0.87	0.88	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	
	D	0.14	0.79	0.79	0.80	0.80	0.81	0.82	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	
0.75	A	0.02	0.77	0.81	0.85	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	
	B	0.06	0.81	0.82	0.84	0.86	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.19	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	
	C	0.09	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.90	0.90	0.91	0.91	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	
	D	0.10	0.85	0.85	0.86	0.86	0.86	0.87	0.87	0.88	0.88	0.88	0.89	0.89	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	

ملاحظة : تزداد جداول لاستعمال الانارة لساعات مختلفة ( ASHRAE HANDBOOK 1985 )



جدول ( 7 . 4 ) معامل التظليل ( Sc )

نوع الزجاج	السمك mm	بدون ظل داخلي	مستترذات اضملاع		ظلال دواره	
			متوسط	فائق	غامق	فائق
زجاج مفرد	Single glass					
زجاج اعتيادي	Regular sheet	3	1.00.	0.64	0.55	0.59
لوح زجاجي	Plate	6-12	0.95	0.64	0.55	0.59
ماص للحرارة	Heat-absorbing	6	0.70	0.57	0.53	0.40
زجاج مزدوج		10	0.50	0.54	0.52	0.40
زجاج اعتيادي	Double glass					
لوح زجاجي	Regular sheet	3	0.90	0.57	0.51	0.60
عاكس	Plate	6	0.83	0.57	0.51	0.60
	Reflective	6	0.2-0.4	0.2-0.33		0.25

جدول ( 8 . 4 ) معامل الكبح ( P<sub>f</sub> )

المعامل	نوع المصباح
1.0	مصباح سلكي حراري تقليدي ( Tungsten Lamp )
1.25	مصباح انبوبي غازي ( Fluorescent Lamp )

جدول ( 9 . 4 ) الحرارة المحسوسة والكامنة المتولدة من الاشخاص

Activity	Heat emission per occupant Watts		
	Total	Latent	Sensible
At rest - - - - -	115	25	90
Sedentary worker - - - - -	140	40	100
Walking - - - - -	160	50	110
Light manual work - - - - -	235	105	130
Heavy work - - - - -	440	250	190

## جدول ( 4 . 10 ) معدل التسرب

### معدل التسرب من الابواب

Component	Best Estimate	Max	Min	Unit
SINGLE DOOR Weatherstripped per m <sup>2</sup> door	8	15	3	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Same, not weatherstripped	11	17	6	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
DOUBLE DOOR Weatherstripped per m <sup>2</sup> door	8	15	3	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Same, not weatherstripped	11	22	7	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
ACCESS TO ATTIC OR CRAWL-SPACE Weatherstripped per access	18	18	8	cm <sup>2</sup> each <sup>a</sup>
Same, not weatherstripped	30	30	10	cm <sup>2</sup> each <sup>a</sup>

### معدل التسرب من النوافذ ( الشبائيك )

Component	Best Estimate	Max	Min	Unit
WOOD FRAME WALL with caulking per m <sup>2</sup> window	0.3	0.5	0.3	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Same, no caulking	1.7	2.7	1.5	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
MASONRY WALL with caulking per m <sup>2</sup> window	1.3	2.1	1.1	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Same, no caulking	6.5	10.3	5.7	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>

جدول ( 4 . 11 ) عدد مرات تغيير الهواء في المباني المختلفة

نوع الحيز أو المكان	عدد مرات تغيير الهواء بالساعة
مكاتب فوق مستوى سطح الأرض	6_2
مكاتب تحت مستوى سطح الأرض	20_10
مصانع ذات مساحات واسعة	4_1
مصانع وورش مجمعة مع بعضها	8_6
مصانع ذات أجهزة غير صحية	30_20
محلات الفسيل والتجفيف	20_10
مطابخ فوق مستوى سطح الأرض	40_20
مطابخ تحت مستوى سطح الأرض	60_40
دورات مياه	12_6
غرف مولدات البخار والمكائن	15_10
مصهر معادن ودلفلمع منظومة سحب هواء	10_8
مصهر معادن بدون منظومة فصل وسحب هواء	20_10
المختبرات	12_10
صالة عمليات في المستشفى	20
صالة علاج في المستشفى	10
المطاعم	15_10
غرف يسمح فيها التدخين	15_10
مخازن وغرف مغلقة	2_1
صالة لعمليات مختلفة	6_3
غرف الفصول الدراسية	4_3
غرف المعيشة	2_1
غرف النوم	1
فراغات المداخل والاستقبال	4_3
المكعبات	4_2

جدول ( 4 . 12 ) العلاقة بين سرعة الهواء والارتفاع

Indoor Temp. °C	Theoretical velocity in m/s for following heights between inlet and outlet								
	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m
10.0	0.60	0.84	1.03	1.19	1.33	1.63	1.88	2.10	2.30
12.5	0.73	1.03	1.26	1.46	1.63	1.99	2.30	2.57	2.82
15.0	0.84	1.19	1.46	1.68	1.88	2.30	2.66	2.97	3.26
17.5	0.94	1.33	1.63	1.88	2.10	2.57	2.97	3.32	3.63
20.0	1.03	1.46	1.78	2.06	2.30	2.82	3.26	3.63	3.99
22.5	1.11	1.57	1.93	2.22	2.49	3.04	3.52	3.92	4.30
25.0	1.18	1.68	2.06	2.38	2.66	3.26	3.76	4.21	4.60
27.5	1.26	1.78	2.18	2.52	2.82	3.45	3.99	4.46	4.88
30.0	1.32	1.88	2.30	2.66	2.97	3.64	4.20	4.70	5.15

جدول ( 4 . 13 ) قدرة الاجهزة الخلمية

نوع الجهاز	قدرة الجهاز
	واط
ثلاجة متوسطة	٢٠٠
مجمدة	٤٠٠
غسالة	٤٠٠
منشفة ملابس	٤٠٠٠ - ٢٠٠٠
مبردة متوسطة ٢٥٠٠ قدم <sup>٣</sup>	٢٠٠
مبردة كبيرة ٦٠٠٠ قدم <sup>٣</sup>	٥٦٠
مكيفة هواء متوسطة	٣٠٠٠
مكيفة هواء كبيرة	٤٥٠٠
مروحة كهربائية	١٢٥
مدفئة زيتية	٢٠٠٠
تلفزيون اسود وابيض	١٠٠
تلفزيون ملون	٢٢٠
مسجل استريو	١٠٠
راديو	٤٠
فيديو	٦٥
مكسوة	١٠٠٠
٨ مصابيح ٦٠ واط	١٨٠
منشفة شعر (شوار)	٧٥٠ - ٢٠٠
مكنسة كهربائية	٢٠٠
طباخ كهربائي	٢٠٠٠ - ٢٠٠
ماكينة لحم	٢٠٠
خلاطة	٢٠٠
شواية (توستر)	٢٠٠٠
ماكينة قطع فواكه وخضار	٢٠٠
شواية صمون	٧٠٠

جدول ( 4 . 12 ) العلاقة بين سرعة الهواء والارتفاع

Indoor Temp. °C	Theoretical velocity in m/s for following heights between inlet and outlet								
	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m
10.0	0.60	0.84	1.03	1.19	1.33	1.63	1.88	2.10	2.30
12.5	0.73	1.03	1.26	1.46	1.63	1.99	2.30	2.57	2.82
15.0	0.84	1.19	1.46	1.68	1.88	2.30	2.66	2.97	3.26
17.5	0.94	1.33	1.63	1.88	2.10	2.57	2.97	3.32	3.63
20.0	1.03	1.46	1.78	2.06	2.30	2.82	3.26	3.63	3.99
22.5	1.11	1.57	1.93	2.22	2.49	3.04	3.52	3.92	4.30
25.0	1.18	1.68	2.06	2.38	2.66	3.26	3.76	4.21	4.60
27.5	1.26	1.78	2.18	2.52	2.82	3.45	3.99	4.46	4.88
30.0	1.32	1.88	2.30	2.66	2.97	3.64	4.20	4.70	5.15

## الفصل الخامس

### الطاقة الشمسية

#### 5 . 1 . تعريف الطاقة الشمسية

ان الشمس هي مصدر الحياة على كوكب الارض وهي المصدر الوحيد للطاقة الشمسية التي تصلنا الى سطح الارض . والشمس كرة غازية يبلغ نصف قطرها حوالي 696000 كيلو متر وكتلتها حوالي  $10^{29} \times 2$  طن . ومكوناتها الاساسية هي غاز الهيدروجين ( حوالي 75 % ) وغاز الهيليوم ( حوالي 25 % ) . بالإضافة الى كميات ضئيلة من بعض العناصر الاخرى مثل الحديد والسيليكون والنيون والكربون . وتولد الطاقة الشمسية نتيجة التحول المستمر لكل اربع ذرات من الهيدروجين الى ذرة واحدة من الهيليوم في تفاعل اندماجي . ولما كانت كتلة ذرة الهيليوم الناتجة من التفاعل اقل من مجموع كتل ذرات الهيدروجين الداخلة فيه ، فان فرق الكتلة هذا يتحول الى ضوء وحرارة تنتقل على هيئة اشعة شمسية يبلغ معدل شدتها  $10^{23} \times 3.8$  كيلو واط . وتضع هذه الكمية في جميع الاتجاهات . ولا يصل الى كوكب الارض منها الا مقدار ضئيل يتناسب مع مساحة الارض ومع المسافة بين الارض والشمس . ولا يصل الاشعاع الشمسي الساقط على الغلاف الجوي كله الى سطح الارض فان جزءا منه يقدر بحوالي 13٪ ينعكس الى الفضاء خارج الغلاف الجوي ، وجزءا اخر حوالي 26٪ يمتص من مكونات الغلاف الجوي والغيوم . اما ما يصل الى سطح الارض من الاشعاع الشمسي على شكل اشعاع مباشر واشعاع منتشر ( مبثر ) ( Direct and Diffuse ) فهو لايزيد على حوالي 34٪ من الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على الغلاف الجوي .

تبلغ قيمة معدل شدة الاشعاع الشمسي الساقط على المحيط الخارجي للارض 1353 واط لكل متر مربع وهو ما يعرف بالثابت الشمسي . ويتعرض الاشعاع الشمسي اثناء مساره خلال الغلاف الغازي الواصل الى سطح الارض الى حالات من التبعثر والامتصاص من قبل الظروف الجوية ومن قبل مكونات الغلاف الغازي المحيط بالكرة الأرضية . حيث تعمل هذه المكونات ومنها الغازات المختلفة وذرات الغبار والماء العالقة بالهواء على امتصاص وانكسار جزء من الاشعة الشمسية الواصلة الى سطح الارض . كما تختلف كمية الاشعاع الشمسي الواصلة الى الارض نتيجة التكوين الطبيعي لموقع الشمس بالنسبة الى موقع وحركة الارض ويسودي ذلك الى حدوث الليل والنهار والفصول

الاربية ، كما هو موضح في الشكل ( 1 . 5 ) . ان كل هذه العوامل التي اشير اليها تؤدي الى تقليل معدل شدة الاشعاع الشمسي الواصل الى سطح الارض . علما بان هذا للمثل لا يتوزع توزيعا متساويا على كل المناطق الجغرافية . ويوضح الشكل ( 2 . 5 ) اختلاف توزيع شدة الاشعاع على مناطق مختلفة من العالم . وتتأثر موجات طيف الاشعاع الشمسي سوما كانت الموجات القصيرة او الطويلة بمكونات الغلاف الجوي ، كما هو مبين في الشكل ( 3 . 5 ) . وتتراوح اطوال موجات الاشعاع الشمسي التي يمكن استعمالها في التقنيات المختلفة للطاقة الشمسية على سطح الارض والتطبيقات العملية بين 0.29 - 2.5 مايكروميتر . تعتبر معدلات الطاقة الشمسية المساقطة على سطح الارض كافية اذا استطاعت التقنيات الحديثة جمعها وتحويلها بكفاءة عالية الى احدى صور الطاقة المستعملة في مختلف التطبيقات الصناعية والزراعية والخدمية ... الخ .

## 2 . 5 . قياس الطاقة الشمسية

كما تم شرحه في اعلاه ، ان الطاقة الشمسية تكمن في شدة الاشعاع الشمسي الواصل الى سطح الارض ويتكون من مركبتين الاشعاع المباشر والاشعاع المنتشر ( المبعثر ) . ويصل الاشعاع المباشر على شكل حزم ضوئية متوازية متجهة يمكن ملاحظة ذلك عندما تكون السماء صافية من الغيوم والاثربة والغازات . اما الاشعاع المنتشر فيتواجد في السماء من عدة اتجاهات بسبب انكسار الاشعة الشمسية بالغيوم الخفيفة والاثربة والغازات ومكونات الغلاف الجوي . وعندما نصف الاشعاع الشمسي الكلي فنقصد به الاشعاع المباشر والمنتشر . وتعمل اغلب المجمعات الشمسية على تجميع الاشعاع المباشر والمنتشر او الاشعاع المنعكس من سطوح اخرى . وتوجد اجهزة شائعة الاستعمال لقياس شدة الاشعاع الشمسي بوحدة الواط لكل متر مربع . ويمكن قياس شدة الاشعاع الشمسي المباشر بواسطة جهاز ( Pyrheliometer ) كما في الشكل ( 4 . 5 ) . بينما يمكن قياس شدة الاشعاع الشمسي الكلي بواسطة جهاز ( Pyranometer ) كما في الشكل ( 5 . 5 ) . وعندما يركب قوس توليد الظل على جهاز ( Pyranometer ) يصبح هذا جهازا لقياس شدة الاشعاع المنتشر كما في الشكل ( 6 . 5 ) . وتستلم القراءات عادة على اجهزة تسجيل رقمية على اشرطة او اقراص اسطوانية او مطبوعة على شريط ورقي .



### 5 . 3 . استخدامات الطاقة الشمسية

اصبح في الوقت الحاضر استعمال الطاقة الشمسية مألوفاً وموسعاً في مجالات عديدة منها في المباني لتسخين الماء والمواء وتوليد الكهرباء وتحلية المياه وفي الزراعة الهيمية في البيوت الخضر وتخفيف المحاصيل الزراعية وتوليد الهايدرورجين وتوليد الغاز الحيوي والى استعمالات فرعية اخرى .

يمكن التركيز على استعمال الطاقة الشمسية في مجال تكييف المباني وتوفير الجو الطبيعي للسكان وهذا يتم باستعمال منظومات الطاقة الشمسية والوسائل الاخرى المساعدة في المباني والدور المشيدة قديماً او حديثاً او التي ستشيد محصيصاً لاستخدام منظومات الطاقة الشمسية في التقليل من استعمال الطاقة التقليدية . ومن ابسط هذه الاستعمالات في هذا المجال هو تحديد اتجاه المبنى والاستعمال الامثل لمساحات الشبايك والمظلات الخارجية واستعمال العوازل الحرارية في بناء الجدران والسقوف واستعمال الستائر وبعض الاشجار الدائمة الخضرة والنفضية في الجهات المحيطة بالمبنى . اما تجهيز الماء الساخن للاستعمال المنزلي والصناعي الذي شاع استعماله في الوقت الحاضر ، فيتم بواسطة منظومات تسخين الماء الشمسية التي تتكون من المجمع الشمسي المستوي والخزان الحراري ومجموعة انابيب الربط والمسيطرات الحرارية او الكهربائية الملحقة بها . وبنفس الطريقة يمكن تجهيز المواء الحار بواسطة منظومات تسخين المواء الشمسية المختلفة . اما عملية توليد الكهرباء فتم مباشرة بواسطة الخلايا الضوئية الشمسية المعرضة لاشعة الشمس المباشرة . وهناك تطبيقات واسعة للطاقة الشمسية في مجال الزراعة المحمية في البيوت الخضر البلاستيكية والزجاجية ( الصوبات الزراعية ) وتخفيف المحاصيل الزراعية وقد تحققت في هذا المجال نجاحات متقدمة . ويمكن استعمال المقطرات الشمسية لتحلية المياه وتوفيرها للاستعمال البشري والصناعي وخاصة في المناطق الصحراوية والمناطق التي تشكو من كثرة نسبة الملوحة في المياه .

ان هذه المجالات الواسعة والبسيطة لاستعمالات الطاقة الشمسية التي تم استعراض حصة منها ، سوف تؤدي الى تقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية بنسبة او باخرى قد تزداد او تقل اعتماداً على نسبة مشاركة الطاقة الشمسية فيها . ان استعمال منظومات الطاقة الشمسية في هذه المجالات البسيطة لايتطلب خبرة وصيانة متقدمة سوى المحافظة على نظافة السطوح الشفافة للمنظومات الشمسية وابعاد الخلايا الشمسية والمقطرات . ويفضل ضبط درجة ميلان المجمعات الشمسية لغرض تعرضها لاشعة الشمس المباشرة والمحافظة على عزل انابيب الربط بين اجزاء المنظومة عزلاً جيداً وضبط ومعايرة عمل المسيطرات الحرارية في حالة وجودها في المنظومة . وسيتم لاحقاً التطرق بنوع

من التفصيل الى شرح مكونات واحزاء وعمل منظومات الطاقة الشمسية المستعملة في تقنيات التحويل الحراري والتحويل الكهربائي حسب استعمالها في مجال تكييف المباني المختلفة .

#### 5 . 4 . التحويل الحراري للطاقة الشمسية

يعتبر التحويل الحراري احدى طرق استعمال الطاقة الشمسية بصورة مباشرة او غير مباشرة عند تحويلها الى طاقة حرارية . تتم عملية التحويل الحراري بامتصاص اشعة الشمس الساقطة على اللوح الماص الموجود في المجموع الشمسي وتحويلها الى حرارة تنقل بواسطة مائع يدور بين اجزاء المنظومة وتجهيزها الى مكان الاستعمال .

يتم التحويل الحراري للطاقة الشمسية باحدى التقنيات المستخدمة لغرض الاستفادة منها في التطبيقات العملية ، ومن اهمها :-

#### 5 . 4 . 1 . استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه

لقد جرى العديد من البحوث النظرية ورافقتها تطبيقات عملية من النماذج المستخدمة في المنظومات الشمسية لتسخين المياه . وقد قطعت شوطا متقدما من حيث البحوث النظرية والمشاريع العملية . ومن أشهر المجمعات الشمسية المستخدمة في منظومات تسخين المياه الشمسية هو المجموع المستوي حيث دخل هذا النوع من المجمعات الشمسية في خطوط الانتاج الصناعي . وأخذ يصنع في جميع أنحاء العالم ، لما يمتاز به من سهولة التصنيع والتركيب وسهولة الصيانة وعدم الحاجة الى قطع غيار . وقد تم تصنيعه بشكل انتاجي واستعماله بصورة موسعة في كل من اليابان وأمريكا والصين والدول الغربية وبعض دول البحر الأبيض المتوسط وأستراليا وكندا . وتم أيضا انتاجه في كل من مصر والأردن لسد حاجة الاستهلاك المحلي . وصنع المجموع المستوي أيضا في بعض الأقطار العربية لسد حاجة البحوث العلمية التطبيقية . واستعمل في بعض المشاريع السكنية في كل من ليبيا والعراق والخليج . وتمت مواكبة العمل البحثي المستمر في مجال المجمعات الشمسية ، وتطور تصميم المجموع الشمسي المستوي ، ناهيك عن تصميم اللوح الماص ، الى النوع الأنبوبي ( المسمى المجموع المفرغ من الهواء ) لتحقيق كفاءة تحويل حراري عالية وهذا النوع من المجمعات هو المعول عليه الآن بعد أن تستكمل الدراسات النظرية والعملية وحل كافة المشاكل المتوقعة أو التي ستظهر نتيجة الاستعمال العملي . ومن الدول الرائدة في مجال انتاج هذا النوع من المجمعات الشمسية أمريكا وهولندا

واليابان وأستراليا وكندا . تعد منظومات تسخين المياه الشمسية من أهم المنظومات التي تستغل الطاقة الشمسية بكفاءة مرضية والتي تدخل في مجالات عديدة منها على سبيل المثال تسخين المياه للاستعمال المنزلي والصناعي وتدفئة المباني والبيوت الخضر ( الصوبات الزراعية ) . وتشكل هذه الاستعمالات نسبة لا بأس بها بالمشاركة للتعويز عن استعمال الطاقة التقليدية في هذه المجالات . وسيتم التطرق الى شرح انواع ومكونات منظومات تسخين المياه الشمسية في الفصل ( 6 ) . ولابد من الاشارة ايضا الى انواع المجمعات الشمسية ذات التركيز الواطئ والمتوسط والعالي الذي يتم في مرحلة واحدة او اكثر . ومن اشهر هذه المجمعات المركيزات الاسطوانية والكروية وذات القطع المكافئ والمرايا العاكسة . وتستعمل هذه المجمعات في توليد درجات حرارة متوسطة وعالية وتوليد البخار للاغراض الصناعية غالبا . وسيتم التطرق لاحقا الى انواع واشكال وتصاميم واستعمالات هذه المركيزات .

#### 5 . 4 . 2 . استخدام الطاقة الشمسية في تسخين الهواء

لا يختلف وصف واداء المنظومات الشمسية لتسخين الماء عن المنظومات الشمسية لتسخين الهواء المستعملة في تزويد الهواء الحار للاستعمال المباشر وغير المباشر . يمكن تقسيم منظومات تسخين الهواء الشمسية الى نوعين هما المنظومات المرجحة (القسرية) والمنظومات الطبيعية (السالبة) . وهناك تصاميم مختلفة ومتنوعة للمجمعات الشمسية المستعملة في النوعين سيتم شرحها في الفصل ( 7 ) . لم تدخل المجمعات الشمسية الهوائية خطوط الانتاج الصناعي كما في حالة المجمعات الشمسية المائية التي انتشرت بشكل واسع جدا . ويعود ذلك للمزايا والمساوئ التي تمتاز بها منظومات تسخين الهواء التي سيتم شرحها في الفصل ( 7 . 12 ) . في بعض تصاميم المنظومات الطبيعية ( السالبة ) يؤدي فيها الجمع الشمسي وظيفة منظومة متكاملة حيث يقوم بتجميع الاشعة الشمسية وتخزين الحرارة وتوزيعها . ويمكن الاطلاع على انواع هذه المنظومات في الفصل ( 7 ) . لم تدخل المنظومات الطبيعية مجال الانتاج الصناعي لحد الان وذلك لعدم وجود تصاميم ومواصفات وقياسات محددة لها بل تعتمد على عوامل عديدة من اهمها التصميم المعماري ونوع المبنى والموقع الجغرافي .. الخ . وتم استعمال المنظومات الشمسية الهوائية في تكييف المباني السكنية والخدمية ورياض الاطفال ودور النقاة والمستشفيات والنوادي الرياضية المشيدة قديما وحديثا . واستعملت في كل من الولايات المتحدة وكندا واوروبا واليابان واسبانيا والعراق والاردن وسوريا وتونس ومصر .

### 5 . 4 . 3 . استخدام الطاقة الشمسية في توليد البخار للأغراض الصناعية

لقد تم استخدام الطاقة الشمسية في منظومات توليد البخار للأغراض الصناعية لتشغيل المحركات البخارية لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة لخطوط الإنتاج المختلفة . وتستعمل عادة المركبات الشمسية التي تعمل على تجميع وتركيز الأشعة الشمسية الساقطة على العاكسات البصرية على الجزء الخاص من المجمع الموجود في البؤرة . وهناك نوعان شائعان من المركبات الشمسية هما المركبات الخطية والمركبات النقطية كما في الشكل ( 5 . 7 ) . وتعتمد درجة الحرارة المطلوبة على نسبة تركيز الأشعة .

إن استعمال أحد أنواع منظومات الطاقة الشمسية ذات تركيز متوسط لتوليد البخار يعني الاستغناء عن الوقود التقليدي لتشغيل المراحل البخارية لتوليد الكهرباء . تم إنشاء محطات كبيرة في أمريكا وأستراليا واليابان والصين لتوليد الكهرباء بالطاقة الشمسية . وهناك محطات صغيرة موزعة في أستراليا والدول الأوروبية لتوليد البخار لأغراض صناعية وخاصة في الصناعات الغذائية وقيمت مشاريع تطبيقية في كل من تونس والعراق والجزائر والكويت باستعمال تقنيات مختلفة .

### 5 . 4 . 4 . استخدام الطاقة الشمسية في توليد درجات حرارة عالية

استخدمت المنظومات الراجية المركزية في تركيز الإشعاع الشمسي بنسبة تركيز عالية في توليد درجات حرارة مرتفعة جدا لأغراض توليد الكهرباء وعمليات صهر المعادن وأجراء بعض التفاعلات الكيميائية بواسطة الأفران الشمسية .

### وصف المخطط الراجية

تكون المخطط الراجية من مساحات شاسعة من المرايا مثبتة على قواعد متحركة يتحكم فيها الحاسوب ( عقل الآلي ) . وتحرك هذه المرايا أثناء ساعات النهار لمتابعة حركة الشمس وتأمين توجيه الأشعة الشمسية المنعكسة على المجمع الشمسي المحمول على برج يرتفع عشرات الأمتار عن سطح الأرض ، كما موضح في الشكل ( 5 . 8 ) . وتعتمد المخطط الراجية في عملها على تركيز الأشعة الشمسية الساقطة على المرايا وتجميعها عند المجمع الشمسي الموجود في البؤرة فوق البرج . ويقوم الحاسوب بتنسيق حركة المرايا أثناء ساعات النهار حسب حركة الشمس وهذا يؤدي الى تأمين استلام الأشعة المنعكسة والمركزة على المجمع الشمسي طيلة ساعات النهار . إن تجميع الأشعة

الشمسية المركزة في البؤرة يولد درجات حرارة عالية في المجموع الشمسي الذي يستفاد منها في التطبيقات المختلفة .

وقد تم إنشاء مثل هذا المشروع الضخم في كل من أمريكا واليابان وفرنسا وإسبانيا والكويت كمشروع تجريبي للدراسة المعطيات التكنولوجية المستعمدة ودراسة الجدوى الاقتصادية . ويجري العمل في إقامة مشروع ريادي مماثل في الجماهيرية العظمى . نظرا لضخامة وكلفة مثل هذه المشاريع لم تتمكن دول العالم الأخرى من إقامة مشاريع مماثلة .

#### 5 . 4 . 5 . استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه

تعتبر تحلية المياه من أهم التطبيقات في مجال التحويل الحراري للطاقة الشمسية والتعويض عن استهلاك الطاقة التقليدية في طرق التحلية المختلفة . لقد حثت أبحاث نظرية وتطبيقات عملية في مجال تحلية مياه البحار والينابيع والآبار في مناطق عديدة من العالم لما لها من تأثير مباشر على الحياة البشرية والزراعية على سطح الأرض . وتستخدم الطاقة الشمسية في تحلية المياه بطريقتين :

الطريقة الأولى هي الاستخدام المباشر للاشعاع الشمسي لتبخير جزء من الماء من المحلول الملحي ، ومن ثم تكثيفه . والادوات الأساسية التي تستخدم في هذه الطريقة هي المقطرات الشمسية التي تكون عبارة عن أحواض زجاجية مغطاة عرفت واستخدمت في أواخر القرن الماضي .

#### وصف المقطرات الشمسية

استخدمت المقطرات الشمسية في تحلية المياه المالحة . وهي بيوت زجاجية ذات سطوح شفافة مائلة . وتتكون من حوض مصنع من مادة حديدية أو بلاستيكية أو اسمتية وغالبا ما يغطي السطح الداخلي للحوض بصبغة سوداء داكنة لها القابلية على امتصاص أكبر كمية من الإشعاع الشمسي الساقط على السطح الداخلي للحوض عن طريق السطح الشفاف ( وغالبا ما يكون من الزجاج ) المغطى لسطح الحوض بصورة مائلة باتجاه واحد أو اتجاهين على شكل مثلث كما هو موضح في الشكل ( 9 . 5 ) . توحد قنوات على جانبي الحوض لاستقبال الماء المكثف وصبه في وعاء التجميع . هناك تصاميم كثيرة للمقطرات الشمسية كان الغرض منها زيادة كفاءة إنتاج المياه المقطرة . وقد استعمل في بعضها أحد أنواع السطوح العاكسة لزيادة تجميع اشعة الشمس وبالتالي

زيادة درجة الحرارة داخل المقطر الشمسي . تركيب المقطرات الشمسية في صفوف طولية على مساحات شاسعة حسب الاحتياج للمياه العذبة .

ويمكن اختصار شرح طريقة عمل المقطرات الشمسية وذلك عن طريق تبخر بطنىء لجزيئات الماء المالح الموجود في الحوض تحت الضغط الجوي الطبيعي ، الذي ترتفع درجة حرارته بواسطة ظاهرة البيوت الزجاجية المثارة بوجود الاشعاع الشمسي الذي يمتصه الماء المالح والسطح الاسود للحوض . وهذا سوف يسبب ارتفاع درجة الحرارة داخل المقطر مما يساعد على تبخر جزيئات الماء وتكثفها على السطح الشفاف الذي يكون ابرد من بقية اجزاء المقطر الشمسي تاركة الملح في قاع الحوض . وتتجمع قطرات الماء المكثفة في القنوات الجانبية للحوض لتصب في وعاء التجميع . ويبين الجدول ( 1 . 5 ) بعضا من اكبر منشآت الاحواض الزجاجية لتحلية في العالم .

#### جدول ( 1 . 5 )

بعض اكبر منشآت الاحواض الزجاجية لتحلية المياه بالطاقة الشمسية

نوعية المياه	مساحة الحوض ( متر مربع )	بداية التشغيل	البلد
ضاربة للملوحة	3160	1966	اسرائيل
ماء بحر	9072	1972	الباكستان
ماء بحر	8600	1967	اليونان
ضاربة للملوحة	4460	*1872	تشيلي

\* توقف عن العمل

وقد ادخلت العديد من التطويرات على التصميم الاساسي للحوض على مر السنين ولكن انتاجيته لا تزال تتراوح ما بين 3 - 5 لتر يوميا من الماء العذب لكل متر مربع من سطحه ، ولا

يتوقع التوصل الى تحسينات جوهرية في هذه الانتاجية لاسباب ترحع في اصولها الى علم الديناميكا الحرارية .

وفي اوائل الستينات من هذا القرن اتجه العلماء في الولايات المتحدة الامريكية الى التفكير في كيفية رفع انتاجية طرق الاستخدام المباشر للطاقة الشمسية في التحلية . وتمثل احدى هذه الطرق اعادة استخدام الحرارة الناتجة عن تكثيف البخار عدة مرات لتبخير كميات اضافية من الماء . وقد انشأت منظومة تجريبية تعتمد على هذه الفكرة في ولاية اريزونا بالولايات المتحدة الامريكية ، ولكنها فيما يبدو لم تود الى نتائج مرضية جدا الا ان الاهتمام تجدد مؤخرا بهذه الفكرة ، حيث امكن التوصل الى تصميم منظومات تزيد انتاجيتها عن 20 لتر من الماء العذب يوميا لكل متر مربع من المساحة التي يسقط عليها الاشعاع الشمسي في ألمانيا وعن 15 لترا يوميا من الماء لكل متر مربع في فرنسا . وعموما فان هذه المنظومات لاتزال في مراحل التطوير المبكرة .

والطريقة الثانية هي استخدام الطاقة الشمسية في التحلية وتمثل في احلال الطاقة الشمسية محل الطاقات التقليدية لاستخدامها في التقنيات المعتمدة للتحلية .

لقد رصدت مبالغ لا بأس بها في مجال البحوث العلمية والعملية لغرض الوصول الى كفاءة عالية للأجهزة المستخدمة في تحلية المياه بالطاقة الشمسية . وقد تحققت بعض النجاح في هذا المجال . ومن الجدير بالذكر هنا ان لكل مشروع تطبيقي خصوصية الأسس التي تعتمد عليها عوامل تقييم الجدوى الاقتصادية . ان أسس ومقومات تقييم الجدوى الاقتصادية لمشاريع التحلية تختلف من منطقة الى أخرى وكذلك باختلاف أسعار الطاقة التقليدية وتكاليف توفيرها بالإضافة الى الضرورات الحياتية الملحة لبعض المناطق . ولهذا فان مشاريع تحلية المياه أعدت جانباً مهماً من جوانب البحث العلمي المباشر مع الحياة . وقد تم انشاء مشاريع التحلية رغم ارتفاع تكاليفها وذلك للضرورات الحياتية والجغرافية على سبيل المثال . وقد قامت مشاريع بحث ريادية في مجال تحلية المياه في كل من الاردن والامارات العربية وتونس والجزائر والمملكة العربية السعودية وقطر والكويت والجمهورية الليبية . وتعتبر تحلية المياه احدى الوسائل المتاحة والمهمة للنهوض بمستوى المجتمعات الفقيرة والمناطق النائية والمناطق التي تشكو من ملوحة المياه المفرطة .

#### 5 . 4 . 6 . استخدام الطاقة الشمسية في تكييف المباني

لما كانت نسبة استهلاك الطاقة التقليدية في قطاع المباني تشكل جزءا لا بأس به من مجموع الاستهلاك الاجمالي القومي للطاقة وتختلف هذه النسبة من بلد الى آخر اعتمادا على مستوى التطور التقني للمجتمع . فقد قامت مشاريع وبحوث عديدة متقدمة في العالم خاصة في مجال استخدام منظومات الطاقة الشمسية المختلفة في تكييف المباني كما في الشكل ( 5 . 10 ) . وانتشر في العالم استخدام منظومات الطاقة الشمسية المتعددة الأنواع والأشكال والمزايا سواءا كانت عن طريق التحويل الكهربائي او الحراري للطاقة الشمسية . وشهدت طريقة التحويل الحراري للطاقة الشمسية بواسطة المنظومات الإيجابية والسلبية باستخدام الماء أو الهواء كوسيط ناقل للحرارة تطبيقات واسعة في مجال تكييف المباني السكنية والخدمية . وقامت العديد من المشاريع التطبيقية بالإضافة الى البحوث النظرية في هذا المجال في كل من أمريكا واسرائيل واليابان وكندا وأقيم 31 مشروعا سكنيا وخدميا في الدول الأوروبية . وتم إنجاز البيت الشمسي كمشروع بحث تطبيقي للتحويل الحراري للطاقة الشمسية في تكييف المباني في كل من الأردن والعراق والسعودية والكويت والجمهورية الليبية ، وتم التوصل الى نسب متقدمة لاستعمال الطاقة الشمسية في تكييف المباني . وتم تعويض النسبة الباقية بالطاقة التقليدية في الفترات التي لا تتوفر فيها الطاقة الشمسية بصورة كافية في بعض أوقات السنة . وتم في لبنان وضع تصاميم منظومات الطاقة الشمسية الممكن استعمالها في المباني للتقليل من الاعتماد على الطاقة التقليدية وتوفير الجو الملائم . وتعدي ذلك ايضا الى الجمع بين مختلف مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في سبيل تأمين كمية الطاقة المطلوبة في تكييف المبنى وتشغيل الاجهزة والمعدات الخدمية دون الحاجة الى استعمال اي مصدر من مصادر الطاقة التقليدية في كل ايام السنة كما في الشكل ( 5 . 11 ) . واقامت مشاريع بحرية في كل من امريكا واليابان وبريطانيا استعملت لاغراض البحث وتقييم الجدوى الاقتصادية .

#### 5 . 4 . 7 . استخدام الطاقة الشمسية في الزراعة المحمية

لقد حثت بحوث نظرية ومشاريع عملية في تطبيقات الزراعة المحمية التي تسمى البيوت الخضر او الصوبات الزراعية ، وقد أدت الى نتائج جيدة جدا في هذا المجال . وأدت الزراعة المحمية الى تطور الانتاج الزراعي والى تطور الصناعات البلاستيكية من أغطية وميوط ومنظومات ري بالتنقيط وعبوات ووسائل تغليف وتسويق المحاصيل . وكذلك الى الصناعات التكميلية المرافقة .



وأصبحت المردودات الاقتصادية للزراعة المحمية تشكل إحدى الدعائم الاقتصادية لمكونات الدخل القومي لبعض الدول في العالم وكذلك تأمين الحاجة الغذائية للدول في مضاعفة كمية الانتاج الزراعي وتحسين نوعيته . وقد أقيمت مشاريع ضخمة في هذا المجال وذلك لسهولة التركيب والاستعمال . واستمرت مبالغ كثورة في مشاريع الزراعة المحمية في كل من أمريكا واستراليا وكندا والدول الأوروبية وبالأخص في أسبانيا ومن الدول العربية الرائدة في هذا المجال الأردن والعراق والسعودية والجزائر والجمهورية الليبية . فقد انتشر استعمال الزراعة المحمية بصورة علمية في كل مناطق الأردن وبالأخص وادي غور الأردن . وحقق تقدم الأبحاث الجارية ووسائل تدفئة البيوت الخضر بمنظومات الطاقة الشمسية مردودات اقتصادية من ناحية الانتاج الزراعي ومعالجة الأمراض الناتجة وتعقيم التربة واستعمال منظومات الري بالتنقيط من ناحية أخرى . وأقيم في العراق والسعودية والجزائر والجمهورية الليبية مشاريع لدراسة تحسين كفاءة الأغشية البلاستيكية وتكييف البيوت الخضر وتعقيم التربة وتحلية المياه للري ومعطيات الجدوى الاقتصادية ، ومن الجدير بالذكر ان استعمال الزراعة المحمية ( الصوبات الزراعية ) أصبح شائعا وفي متناول الفلاح والمزارع لسهولة الاستعمال والمردودات الاقتصادية الجيدة ، وهذا ما طبق واستعمل في دول عديدة في أنحاء العالم . ويقدم الفصل ( 7 . 6 ) شرحا مفصلا عن انواع ومواصفات واستعمالات البيوت الخضر .

#### 5 . 4 . 8 . استخدام الطاقة الشمسية في معالجة مشاكل التربة الزراعية

رافقت عملية تعقيم ومعالجة مشاكل التربة الزراعية بالطاقة الشمسية التطور الحاصل في استعمال الزراعة التقليدية والزراعة المحمية على حد سواء وكذلك التطور الحاصل في صناعة الاغطية البلاستيكية . تعتبر طريقة تعقيم التربة بالطاقة الشمسية شائعة الاستعمال لدى الفلاحين والمزارعين . تستعمل الاغطية البلاستيكية في تغطية التربة بعد ان تضاف اليها بعض المواد العضوية وتحدد فيها نسبة الرطوبة . تترك معرضة لاشعة الشمس فترة كافية تعتمد على انواع مشاكل التربة . تجرى هذه العملية عادة قبل حلول موسم الزراعة بوقت كافي . شملت الابحاث والمشاريع التطبيقية تعقيم التربة والقضاء على الآفات والحشرات والديدان والأمراض النباتية . جرت هذه الأبحاث والمشاريع في مراكز البحث المتخصصة في العلوم الزراعية بالتنسيق مع مراكز بحوث الطاقة الشمسية في كافة دول العالم المهتمة بالزراعة المحمية .

#### 5 . 4 . 9 . استخدام الطاقة الشمسية في تجفيف المحاصيل الزراعية

لقد قامت بحوث ومشاريع وصناعات في مختلف أرجاء العالم لتجفيف المحاصيل الزراعية بطرق صناعية مستخدمة مختلف الوسائل التكنولوجية الحديثة . ولكن بقي هناك الطلب والحاجة الى استخدام الطرق الطبيعية لتجفيف بعض المحاصيل الزراعية لما لها من فوائد عديدة منها الحفاظ على القيمة الغذائية للمواد المراد تجفيفها والحفاظة على نظافة وحودة الفواكه والخضر بعد عملية التجفيف وتقديتها للاستعمال وهي محافظة على نظارتها الطبيعية في غير مواسمها الزراعية ، بالإضافة الى المردودات الاقتصادية الجيدة جدا وتحقق ذلك كله في الوقت الحاضر بواسطة التجفيف بالطاقة الشمسية .

#### وصف التجفيف الشمسي

هناك تصاميم مختلفة للمحفظات الشمسية تعتمد على نوع المحاصيل الزراعية المطلوب تجفيفها سواء كانت فواكه او خضروات او حبوب . وتوجد تصاميم صغيرة على مستوى انتاج غير تجاري او تصاميم كبيرة على مستوى انتاج تجاري . ويمكن وصف ايسط تصميم مجفف شمسي يستعمل في الانتاج العائلي الذي يتكون من مجمع شمسي هوائي مربوط مباشرة الى خزان محمول على قواعد حديدية كما في الشكل ( 5 . 12 ) . ويتكون المجمع الشمسي الهوائي من الاجزاء التي تم شرحها في الفصل ( 7 . 1 ) . يقوم المجمع الهوائي بتزويد الهواء الساخن الى الخزان الحاوي على المحاصيل الزراعية . ويمكن التحكم بدرجة حرارة الهواء الساخن بواسطة التحكم في كمية تدفق الهواء خلال المجمع الهوائي . ان درجة حرارة الهواء الساخن تعتمد كليا على نوع المحصول الزراعي . ويمكن الاسراع في عملية التجفيف عند تشغيل مروحة لدفع الهواء . ويحتوي الخزان على مجمرات لتجفيفها بالفواكه والخضروات المراد تجفيفها . ويمكن بواسطة هذا التصميم استعمال الخزان في تجفيف الحبوب حيث يمكن ملؤه بالحبوب من الفتحة العليا وعند انتهاء عملية التجفيف يتم تفريغه من الفتحة السفلى . ويوضح الشكل ( 5 . 13 ) مجففا شمسيا لتجفيف المحاصيل الزراعية على مستوى الانتاج التجاري حيث يتكون من هيكل معدني او خشبي مغطى بالواح زجاجية وتوجد مجمرات متعددة مثبتة على الجانبين يمكن ملؤها بالمنتجات الزراعية المطلوب تجفيفها . ويستعمل هذا المجفف في تجفيف الفواكه والخضروات . وهناك تصاميم اخرى متنوعة استعملت في مجالات البحث والتطبيق العملي للانتاج التجاري وغير التجاري . وفي أغلب دول العالم تجرى البحوث النظرية

للمشاريع الصناعية التطبيقية في مراكز البحوث الزراعية ومراكز بحوث الطاقة الشمسية ، ومن الدول العربية التي قطعت أشواطاً متقدمة في هذا المجال هي العراق والاردن وتونس والجزائر والسعودية والسودان . وأقيم في الجامعة الليبية أيضا مشروع لتصميم وتصنيع محفّ شمسي باستخدام المواد الأولية المتوفرة عليا ودراسة الجدوى التقنية والاقتصادية عند استعمال هذا النوع في تجفيف الفواكه والخضروات .

#### 5 . 4 . 10 . استخدام الطاقة الشمسية في الطبخ

لقد حثت محاولات عديدة لتطور عملية استخدام الطاقة الشمسية في طبخ الطعام وحررت هذه المحاولات في عديد من مراكز البحوث وخاصة في المناطق الفقيرة جدا في شبه القارة الهندية ووسط أفريقيا .

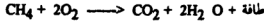
##### وصف القدر الشمسي

يتكون القدر الشمسي المستعمل بصورة شائعة في شبه القارة الهندية من صندوق عشمي ذي غطاء متحرك ، وتوضع خلف هذا الغطاء مرآة تساعد على عكس اشعة الشمس الى داخل الصندوق . وهناك غطاء شفاف يغطي الفراغ الداخلي للصندوق الذي يوضع داخله قدر الطبخ . ويطلّى الفراغ الداخلي للصندوق بصبغة سوداء داكنة غير لامعة وكذلك قدر الطبخ كما هو موضح في الشكل ( 5 . 14 ) . وتستغرق عملية الطبخ هناك من 2 - 2.30 ساعة تقريبا معتمدة على عوامل عديدة منها معدل شدة الاشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء الخارجي وسرعة الرياح . وهناك تصميم آخر لقدر الطبخ يستعمل احد انواع المركّزات الشمسية ذات التركيز العالي حيث يوضع القدر في البؤرة لاستقبال الاشعة الشمسية المركزة عليه ، وهذا يساعد على تسريع عملية الطبخ بسبب الحصول على درجات حرارة عالية كما في الشكل ( 5 . 15 ) . تم استعمال تصاميم مختلفة من قُودر الطبخ ولم يتم انتشار هذه التصاميم وذلك لبطء عملية الطبخ وقلة استهلاك الوقود للمستعمل في عملية الطبخ ووجود خيارات متاحة للوقود البديل كالفحم والخشب وكذلك ارتفاع تكاليف صنع القدر الشمسي النسبية . وهذا لا يمنع من التعرف على مجرمات البحوث الجارية في العالم في هذا المجال مستقبلا .

#### 5 . 4 . 11 . استخدام الطاقة الشمسية في الصناعات الكيميائية

يمكن استخدام الطاقة الشمسية في الصناعات الكيميائية . والتفاعلات الكيميائية تنقسم من حيث الطاقة الى قسمين اساسيين هما (1) تفاعلات ماصة للحرارة و (2) تفاعلات باعثة للحرارة . ويمكن تعريف التفاعل الكيميائي بأنه إعادة ترتيب ارباط ذرات المركبات الداخلة في التفاعل لانتاج نواتج التفاعل . يصحب ذلك تغير في طاقة التفاعل .

اذا كان التفاعل باعنا للحرارة كما في احتراق الغاز الطبيعي في الاكسجين لانتاج غاز ثاني اكسيد الكربون والماء ، يمكن استخدام هذه الحرارة المتولدة في نطاق واسع لاغراض الطبخ والتدفئة وغير ذلك .



اما اذا كان التفاعل مصحوبا بامتصاص طاقة فانه يتطلب طاقة حرارية من مصدر خارجي لحدوثه . فالتاكسد الجزئي للغاز الطبيعي بواسطة بخار الماء الساخن ، لا يتم مالم يسخن المزيج الى درجة حرارة ( 700 - 900 ) مئوية .



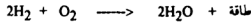
ويمكن استخدام الطاقة الشمسية مباشرة لاجداث مثل هذا التفاعل صناعيا حيث يمكن الحصول على درجة حرارة تفوق 1000 درجة مئوية . ولقد تم بالفعل تجريب الطاقة الشمسية حيث تم الحصول على كفاءة عالية في مركز بحوث الطاقة الشمسية باسبانيا .

كما ان هناك عدة صناعات كيميائية يمكن استخدام الطاقة الشمسية فيها ونذكر منها على سبيل المثال لا الحصر ، تجزئة الغاز الطبيعي لانتاج غازات صناعية مثل غاز الهيدروجين وغاز اول اكسيد الكربون وكذلك صناعة الميثانول وصناعة غاز النشادر وغيرها .

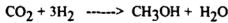
ومن ناحية اخرى فان التفاعل الكيميائي الماص للحرارة اذا عكسنا اتجاهه فانه يصبح تفاعلا باعنا للحرارة . فحلل الماء الى الاكسجين والهيدروجين تفاعل ماص للحرارة ولا يحدث مالم يجهز بكمية كافية منها :



ولكن احتراق الاكسجين والهيدروجين لتوليد الماء تفاعل باعث للحرارة بدليل استعماله في توليد شعلة ذات درجات حرارة عالية :



كما يمكن استخدام الطاقة الشمسية لحماية البيئة حيث يمكن استخدام الطاقة الشمسية لتكسير المركبات الهيدروكربونية واستخلاص المعادن الثقيلة من المخلفات البشرية والصناعية وكذلك التخلص من غاز ثاني اكسيد الكربون الضار بالبيئة الناتج من المصانع الكيميائية وذلك باستخدامه لانتاج الميثانول حسب التفاعل التالي :



#### 5 . 4 . 12 . استخدام الطاقة الشمسية في البرك الشمسية

استخدمت البرك الشمسية في تجميع وتخزين الطاقة الشمسية على هيئة حرارة محسوسة ( Sensible Heat ) في محلول ملحي قد تصل درجة حرارته الى 95 درجة مئوية في بعض الاوقات . وقد حوت بحوث علمية ومشاريع تطبيقية مختلفة لاستخدام الحرارة المخزونة في المحلول الملحي الساخن في اغراض متعددة كتوليد الكهرباء وتغذية المياه والتدفئة والتبريد وتخفيف المنتجات الزراعية وتدفئة البيوت الخضر ( الصوبات الزراعية ) وتعدين وتنقية الاملاح ... الخ . وتمتاز البرك الشمسية بالاضافة الى خاصية التخزين الفصلي بانها وحدة لتجميع الطاقة الشمسية اي انها تقوم بتجميع وتخزين الطاقة الشمسية في نفس المنظومة الامر الذي يجعلها ذات حدود اقتصادية . وللبرك الشمسية عدة عيوب من اهمها انخفاض درجة حرارة التجميع ومساحات التجميع الشاسعة في حالة التطبيق على النطاق العملي ويرجع ذلك الى انخفاض شدة الاشعاع الشمسي . فمثلا اذا كانت شدة الاشعاع الشمسي في منطقة ما تقدر بـ 200 واط لكل متر مربع ، فستكون كمية الطاقة التي تجمعها البركة هي 20 واط لكل متر مربع اذا كانت كفاءة التجميع 10 % . واذا كانت كفاءة التحويل 10 % فان كمية الطاقة المستفاد منها والناجمة من عمليات التحويل هي 2 واط لكل متر مربع . ومن العيوب الاخرى للبرك الشمسية هي الكميات الضخمة من الاملاح التي تحتاج اليها . اذ تقدر الحاجة لبناء بركة بحوالي 0.30 طن املاح لكل متر مربع . هذا بالاضافة الى 50 حرام لكل متر مربع تتم اضافتها يوميا للبركة وذلك للمحافظة على استقرارها نتيجة للانتشار الطبيعي للاملاح

من التركيز العالي الى التركيز المنخفض وكذلك نتيجة للظروف الجوية الخارجية كالرياح وغيرها . هذا يعني ان موقع البركة لابد ان يكون قريبا من مصدر وفير للاملاح كالبحر او سبخة لجعل البركة ذات جدوى اقتصادية عالية .

## وصف البرك الشمسية

البرك الشمسية هي مجمعات شمسية على هيئة برك مياه مالحة ذات التركيز المتغير للملوحة . يزداد تركيز الاملاح داخل البركة مع العمق وذلك لتعويض عملية الطفو الناتجة من امتصاص المياه للاشعة الشمسية . اي ان الزيادة في تركيز الاملاح ستوازن النقص في كثافة المياه نتيجة لارتفاع درجة حرارتها . ويوضح الشكل ( 5 . 16 ) مقطعا مبسطا لبركة شمسية متدرجة الملوحة . وقد قسم جسم البركة الى ثلاث طبقات رئيسية اثنتان يتم فيها نقل الحرارة بواسطة الحمل الحراري وبينهما طبقة ثالثة لا يحدث بها الحمل الحراري . والفكرة الاساسية في تشغيل البرك هي المحافظة على تدرج سريع لتركيز الاملاح في الطبقة الوسطى للبركة ، حتى يمكن امتصاص قدر كبير من الاشعاع الشمسي الواصل الى قعر البركة حيث توجد اعلى كثافة للمحلول الملحي ومن ثم تخزين هذه الطاقة عن طريق رفع درجة حرارة الماء في الطبقة السفلى . ونظرا للتدرج السريع لتركيز الاملاح في الطبقة الوسطى ، فانها تقوم مقام عازل حراري للطبقة السفلى .

ان معظم الاشعة الشمسية الساقطة على سطح البركة تخترق السطح بمعدل يقدر بحوالي 98٪ في حالة الاشعة العمودية و 94٪ في حالة الاشعة الساقطة بزاوية سقوط 60 درجة عن الافق . هناك عدة عوامل اخرى تؤثر في امتصاص الاشعة الشمسية بالبركة منها معامل الامتصاص الذي يعتمد على الطول الموجي للاشعة الشمسية مثلا . ففي حالة الطول الموجي الاكبر من 0.7 ميكرومتر نجد ان الاشعة الشمسية التي تصل الى عمق اكبر من 1 متر تقدر بحوالي 21 ٪ فقط . بينما نجد ان 95 ٪ من الاشعة الشمسية يتم امتصاصها خلال هذا العمق في حالة الطول الموجي من 0.2 - 0.6 ميكرومتر . يوضح الشكل ( 5 . 16 ) عمليات الانعكاس والامتصاص التي يتعرض لها الاشعاع الشمسي الساقط على سطح البركة .

## - تطبيقات البرك الشمسية

ستنطرق الى مجالات استخدام البرك الشمسية في عدة تطبيقات عملية اهمها :

### أ - تحلية المياه

تعتبر تحلية مياه البحر والمياه الضاربة الملوحة ( Brackish Water ) من الطرق المستعملة في عدة دول لتوفير المياه الصالحة للشرب . فالدول التي تعاني من نقص في مياه الشرب قامت بتركيب عدة محطات تحلية لانتاج ملايين الامتار المكعبة من مياه الشرب يوميا . من ضمن هذه الدول شبه الجزيرة العربية ودول الخليج العربي والجمهورية الليبية واليابان والمكسيك والولايات المتحدة الامريكية . تحتاج عمليات التحلية الى مصدر طاقة ، فمحطات التحلية التي تعتمد على العمليات الحرارية مثل طرق التسخين والتقطير تحتاج الى حرارة تكون عادة في صورة بخار ماء يتم توليده في الغلاية . وفي هذه الحالة تستطيع البركة الشمسية توفير الحرارة المطلوبة بدل الغلاية .

وقد اثبتت دراسات سابقة ان درجة الحرارة المثلى لطبقة التخزين في حالة تحلية المياه هي 60 درجة مئوية . وانشأت محطات تحلية المياه بطريقة التبخير الوميضي المتعدد المراحل باستخدام البرك الشمسية كمصدر طاقة . وتقدر السعة الانتاجية اليومية لمثل هذه التقنية باستخدام البرك الشمسية بحوالي 10 الى 15 لتر لكل متر مربع من مساحة البركة .

### ب - في مجال الزراعة

يمكن للبرك الشمسية ان تساهم ايضا في عدة تطبيقات في مجال الزراعة مثل تدفئة البيوت الحضر ( الصوبات الزراعية ) لمساعدة نمو النباتات في الفصول الباردة او تجفيف المحاصيل الزراعية في الفصول الاعرى . وكذلك يمكن استغلال هذه البرك كعامل مساعد لتسخين المياه اللازمة للغلايات الشمسية الخاصة بضخ المياه من الابار .

### ج - في التدفئة

استخدمت الحرارة المكتسبة والمخزونة في البرك الشمسية في التدفئة المنزلية والتطبيقات الصناعية المختلفة . وقد استعملت البرك الشمسية ايضا في كل من الولايات المتحدة واستراليا وكندا في تزويد الماء الساخن المستخدم في تدفئة السكن الجماعي في المقاطعة الواحدة .

## د - توليد الطاقة الكهربائية

ان انخفاض كفاءة التحويل من الطاقة الحرارية الى الطاقة الكهربائية الناتج من انخفاض درجة حرارة البركة الشمسية جعل توليد الطاقة الكهربائية باستخدام البرك الشمسية تطبيقاً غير مرغوب فيه نسبياً . ومع ذلك فقد أثبتت عدة دراسات بان توليد الطاقة الكهربائية باستخدام البرك الشمسية يمكن ان يكون ذا جدوى اقتصادية عالية اذا كان توليد الكهرباء بالطرق التقليدية غالباً جدياً وعند توفر مصدر رخيص للاملاح وتوفر مساحة الارض . ويوضح الشكل ( 5 . 17 ) رسماً توضيحياً لمحطة توليد الكهرباء باستخدام البركة الشمسية كمصدر حراري للمحطة . ومن الاماكن التي يمكن استخدام البرك الشمسية فيها بصورة اقتصادية هي وسط استراليا وذلك لارتفاع تكاليف توليد الطاقة الكهربائية بتلك المناطق من العالم حيث يقدر بحوالى 1 دولار امريكي لكل كيلووات ساعة في السنة 1989 . وفي جنوب الصين ايضا يمكن للبرك الشمسية المساهمة في توليد الكهرباء بصورة اقتصادية هذا بالإضافة الى انه يمكن استخدام البرك الشمسية كمصدر حرارة اثناء فترات الحمل القصوى خلال السنة .

تعتبر تقنية البرك الشمسية من التقنيات التي يمكن بواسطتها الحصول على الحرارة المطلوبة لمختلف التطبيقات ومن اهمها تحلية المياه والتدفئة وتوليد الكهرباء . هذا بالإضافة الى ان منظومات البرك الشمسية تعتبر من ارخص المنظومات الشمسية لكل مساحة تجمع وتخزين ومعرضة ايضا للتطوير في منظومات موسعة لمختلف الاغراض لتوفير جزء من الطاقة . ولغرض ادخال البرك الشمسية في حيز التطبيق على نطاق واسع لابد من تنفيذ نموذج اولي للبركة . وتتم دراسة الخصائص التشغيلية للبركة على هذا النموذج ، و دراسة العوامل المؤثرة على الاستقرار الطبيعي للبركة . ان احد اهم هذه العوامل هو تآكل الطبقة العديمة الحمل ( الطبقة الوسطى ) حيث ان النقص في سمك هذه الطبقة يؤثر تأثيراً مباشراً على الاداء الحراري للبركة . ان نقاوة مياه البركة هي الاخرى من اهم العوامل . فالنقص في نقاوة المياه يمكن ان يحدت نتيجة لنمو الكائنات الحية المجهرية والاحسام العالقة كالغبار وغيرها ، مما يسبب في نقص كبير في الكفاءة . هذا بالإضافة للعوامل الاخرى المؤثرة على الاداء الحراري للبركة مثل الفقد الحراري للارض وسرعة الرياح .



## 5. 5 . التحويل الكهربائي للطاقة الشمسية ( الخلايا الشمسية )

الخلايا الشمسية ( Solar Cells ) هي اجهزة الكترونية تعتمد في تقنيها على اشباه الموصلات ( Semi - Conductor ) القادرة على تحويل الاشعاع الشمسي مباشرة الى طاقة كهربائية بتيار مستمر ، معتمدة في عملها على ظاهرة التأثير الفولتائوي . واول من لاحظ هذه الظاهرة هو العالم الفرنسي هنري بيكرل سنة 1839 الذي لاحظ ان التيار الكهربائي المتولد من السائل الالكتروليتي يزداد بزيادة الاشعاع الضوئي الساقط على الخلية كما لاحظ ايضا ان الزيادة في التيار الكهربائي تعتمد على الطول الموجي للضوء الا ان اكتشاف هذه الظاهرة في الجوامد كان سنة 1876 بواسطة العالمين ادمز وديي . وفي سنة 1941 تم تصنيع اول خلية شمسية من السيليكون ، وكانت هذه الخلية اول تركيبة قادرة على تحويل الاشعاع الشمسي الى تيار كهربائي مستمر بكفاءة معقولة . وتصنع الخلايا الشمسية من عناصر ومواد مختلفة الا ان المادة الازلية لصناعة الخلايا الشمسية التجارية هي عنصر السيليكون ، حيث ان السيليكا المادة الخام لهذا العنصر توجد بوفرة في القشرة الارضية علاوة على ان العلماء والباحثين قد تمكنوا من دراسة السيليكون دراسة مستفيضة وتعرفوا على خواصه المختلفة وملاءمته لصناعة الخلايا الشمسية . ومنذ ذلك الوقت بدا الاستخدام الفعلي للخلايا الشمسية ، فكانت اولي المجالات التي استخدمت فيها هي الاقمار الصناعية والمركبات الفضائية ، ومع بداية السبعينات وظهرت ازمة النفط ، قامت العديد من الشركات بانتاج خلايا شمسية للاستعمالات المختلفة والتي من شأنها ان احدثت تغيرات مهمة في مجالات تقنية التصنيع ويوضح الشكل ( 5 . 18 ) تركيبة الخلية الشمسية .

وتعتبر الخلايا الشمسية الان احد المصادر البديلة للطاقة التي تجتهد اهتماما متزايدا لاستعمالها بصورة واسعة في التطبيقات المختلفة للمساهمة في حل بعض مشاكل الطاقة والتلوث البيئي . وبفضل البحث والتطوير في مجال تصنيع الخلايا الشمسية تم تحسين كفاءتها وتخفيض اسعارها ولازال العمل مستمرا في تخفيض اسعارها لتصبح متداولة الاستعمال الموسع .

## 5 . 5 . 1 . انواع الخلايا الشمسية

يمكن تصنيف الخلايا الشمسية طبقا للمواد المستعملة كما يلي :-

## أ - احادية التبلور

وهي تعتبر من أكثر البنيات البلورية انتظاما حيث تعالج مبدئيا بإضافة شوائب النوع الموجب ثم تعالج حراريا عن طريق الانتشار الحراري لإضافة النوع السالب لتكوين الوصلة الثنائية . حيث تعتبر كفاءة هذا النوع الأعلى من بين الخلايا التجارية التي وصلت إلى 15 بالمائة ، إلا أن ارتفاع التقيتات للمستخدمة جعل من استخدام هذا النوع من الخلايا أكثر كلفة ، ومع ذلك كله لازالت الجهود منصبة لتطوير تقنية التصنيع حتى تصبح الأسعار مناسبة .

## ب - نصف متبلورة

وفي هذا النوع تكون البنية البلورية أقل انتظاما من النوع السابق ، ومراحل التصنيع مطابقة للمراحل السابقة إلا أن الكفاءة للتوفرة الآن تجاريا لا تتعدى 13 بالمائة ومن أهم الميزات لهذا النوع وجود الخلايا الشمسية على هيئة مربعات الأمر الذي يرفع من كثافة التعبئة التي بدورها توفر المساحة المستفلة من استخدام هذه المنظومات .

## ج - خلايا الأفلام الرقيقة

وهي أفلام يتم ترسيبها بعدة طرق وسمكها لا يتجاوز بعض الميكرونات ، أما كفاءة هذا النوع فقد وصلت إلى 5 - 7 بالمائة ، والعامل المهم فيها يعود إلى تكلفة إنتاجها المنخفضة .

## د - خلايا عديدة الطبقات

إن فكرة الطاقة تحد من الكفاءة وللتغلب على هذه المشكلة توضع عدة طبقات من مواد مختلفة لكل منها فتوة طاقة مختلفة لانتاج خلايا مركبة ذات كفاءات عالية ، وبهذه الطريقة يمكن الوصول إلى كفاءات تفوق 50 بالمائة . هذا وقد استعملت تصميمات لتركيز أشعة الشمس على الخلايا ذات الكفاءة العالية مثل السيليكون احادي التبلور والجاليوم والزرنيخ ، وذلك لفرض زيادة كفاءتها . ونتج عن ذلك ارتفاع في درجة حرارة الخلية الذي اعتبر بدوره عائقا حيث أن الخلية الشمسية تنخفض كفاءتها عند ارتفاع درجة الحرارة وباستخدام تقنيات التبريد تمت الاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة

عن استخدام المركبات الشمسية اضافة الى التيار الكهربائي الذي تولده الخلية في دورات مزروحة ، ان استخدام مركبات مصنوعة من الزجاج والالمنيوم يقلل من الحاجة الى مادة اشباه الموصلات الثمينة .

## 5. 5. 2 . تقنية الخلايا الشمسية

ان الحديث السابق كان عن الانواع المختلفة للخلايا الشمسية وطبيعي جدا ان يكون هناك اختلاف في التقنيات المستخدمة لصناعة كل نوع ، فالوصلات الثنائية المتحاسة من السيليكون مثلا لها تقنية تختلف عن تلك المستخدمة في صناعة الوصلات الثنائية غير المتحاسة ( المتعددة ) .  
ونظرا للاهمية التي يتميز بها السيليكون فهو أكثر انواع اشباه الموصلات المتشعبة لتصنيع الخلايا الشمسية ويستخدم بكميات كبيرة لحل بعض مشاكل الطاقة الحالية والمستقبلية وذلك لتوفره في الطبيعة بكميات هائلة ومعرفة كافة خواصه معرفة دقيقة . ويقدم الشكل ( 5 . 19 ) ملخصا لهذه التقنية .

## 5. 5. 3 . تطبيقات الخلايا الشمسية

يعد تطور المناطق النائية ضروريا في الدول النامية وذلك من اجل رفع مستوى معيشة السكان وتقليل معدل الهجرة الى المدن الكبيرة . ويتضمن هذا التطور تحسين الخدمات الاجتماعية وانشاء المدارس والمراكز الصحية والاتصالات وتوفير فرص العمل ، وذلك بتطوير تقنيات الزراعة والتركيز على الصناعات ذات العلاقة بالريف والزراعة والانتاج الحيواني وهذا الامر يستوجب سهولة الحصول على الطاقة الكهربائية وبذلك تكون الخلايا الشمسية هي احد البدائل الملائمة لثل هذه التطبيقات . وكذلك تستخدم الخلايا الشمسية في توليد الكهرباء لسد النقص في الطاقة ، كما في الشكل ( 5 . 20 ) .

وفي العالم العربي نجد ان ماتم تطبيقه في الجماهيرية العظمى ما بين عام 1976 - 1994 يقدر بأكثر من 100 كيلوواط في مجالات الاتصالات والحماية المبهطية وضخ المياه . وفي السعودية استخدمت 350 كيلوواط في مشاريع توليد الكهرباء للاستعمال المباشر . وكذلك توجد تطبيقات مشابهة في كل من قطر وتونس والجزائر والاردن والكويت بنسب متفاوتة . واستخدمت بشكل واسع جدا في العراق وخاصة في السنوات الاخيرة في كافة التطبيقات الميدانية . واستخدمت ايضا في مجالات الاتصالات وتغذية وتقوية محطات الارسال الموجودة في المناطق النائية في كل من كولومبيا

والصين . وتحتل سويسرا الرتيب الثاني في العالم بالنسبة للطاقة الكهربائية المولدة من الخلايا الشمسية لكل فرد وعلى الرغم من محدودية معدل شدة الاشعاع الشمسي بها فهي تعمل على التخطيط لانتاج 230 ميغاواط كهرباء باستعمال الخلايا الشمسية عام 2000 . وكان لليابان دور فعال في انتاج واستعمال الخلايا الشمسية في مجالات تطبيقية مختلفة ، نذكر منها تحلية المياه والساعات والحاسبات والالعب . وبلغ انتاج اليابان مايقارب 9.5 ميغاوات سنويا . وانفردت اليابان باستعمال نوع جديد من الخلايا السيليكون البللوري المهدرج .

وفي العالم نجد ان انتاج الخلايا الشمسية سنة 1990 وصل الى 48 ميغاوات موزعة كالآتي :-

- حاسبات وساعات ومعدات اخرى	21.7 بالمائة
- منظومات الاتصالات وتقوية	20.7 بالمائة
- عوامات مائية وارشادة	9.3 بالمائة
- ضخ المياه	5.5 بالمائة
- تجارب ربط المنظومة بالشبكة	9.5 بالمائة
- ائارة المساكن النائية	20.4 بالمائة

اما النسب الباقية فكانت تستعمل في مجالات اخرى متفرقة كما موضح في الشكل ( 5 . 21 ) . ويتوقع ان يصل انتاج الخلايا الشمسية في العالم 1840 ميغاواط سنة 2025 كما هو موضح في الشكل ( 5 . 22 ) . وقد انخفضت تكلفة التيار الكهربائي المنتج من الخلايا الشمسية التي تم تركيبها سنة 1990 ( 0.25 ) دولار امريكي لكل كيلوواط ساعة ويرجع هذا الانخفاض الى عدة اسباب منها :

- استعمال تقنيات اقل تكلفة لانتاج الواح الخلايا الشمسية

- تخفيض ثمن دعامات التركيب والتوصيلات

- استخدام منظومات بصرية لتركيز الاشعاع الشمسي على خلايا عالية الكفاءة .

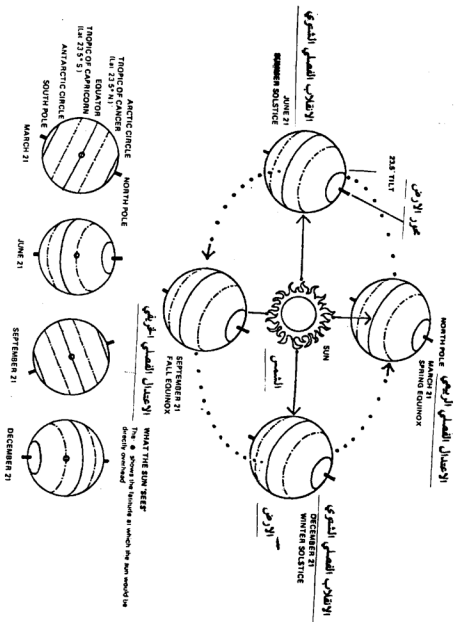
ويتوقع ان تنخفض تكلفة التيار الكهربائي المنتج من الخلايا الشمسية في المستقبل القريب نتيجة للتطور التقني المستمر على مراحل الانتاج الصناعي والطلب المتزايد عليها في السوق العالمية .

وتستخدم الخلايا الشمسية في توليد الطاقة الكهربائية لاستخدامها في التطبيقات المختلفة في المباني ومنها على سبيل المثال في تشغيل منظومات ائارة الطوارئ ومحطات السيطرة والمراقبة وائارة الشوارع الخارجية والساعات في الشوارع والساحات العامة ويمكن ايضا تجهيز الطاقة الكهربائية

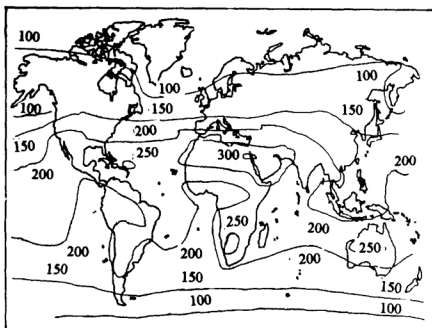
المتولدة من الخلايا الشمسية كليا الى المباني الواقعة في المناطق النائية وفي مواقع ادارات المشاريع الجديدة ، ويوضح الجدول ( 2 . 5 ) بعض تطبيقات استخدام الخلايا الشمسية في المباني .

جدول ( 2 . 5 ) الكهرباء المنتج من الخلايا الشمسية المستعمل في المباني

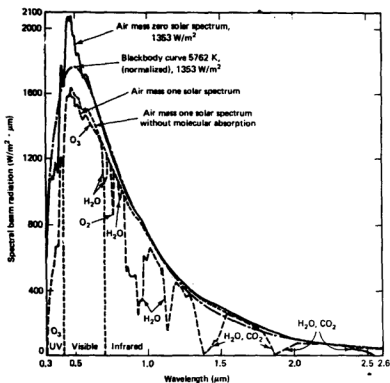
الدولة	الوصف
النمسا	تغذية جبل
فلندا	منظومات في المباني وحدات بحث وتطوير تهدف لبناء وتقييم منظومات ( 1 - 3 ) كيلواط مع الشبكة العامة
المانيا	(مشروع الف سقف ) 1500 منظومة متكاملة مع الشبكة (1990 - 1994 ) صدر قانون جديد يضمن اسعار الكهرباء المنتج عن طريق الخلايا الشمسية تباع بنفس لمن الكهرباء المنتجة بالطرق التقليدية . مشروع برلين( أ ) 1 ميواط تضمن انشاء منظومات موصلة بالشبكة العامة وصل بمجملها الى 1 ميواط وتستعمل اعداد كبيرة من الانظمة المختلفة المستقلة .
ايطاليا	مشروع قنوسا تعتمد ايطاليا امتلاك 25 ميواط المنتج بالخلايا الشمسية . وهذا سوف يجعل ايطاليا اكبر دولة تستهلك الكهرباء المنتج من الخلايا الشمسية .
اليابان	( مشروع شروق الشمس ) الذي يتضمن تمويل وحدات البحث والتطوير في مشاريع صغيرة واقتصادية .
سويسرا	( 333 مسكنا ) استعملت منظومات الخلايا الشمسية ذات قدرات 3 كيلواط موصلة بالشبكة العامة وتباع بنفس الثمان التيار المولد بالطرق التقليدية .
تونس	برنامج الحكومة التونسية تزويد المدارس والمرافق التابعة لها بالطاقة الكهربائية المنتجة من الخلايا الشمسية .



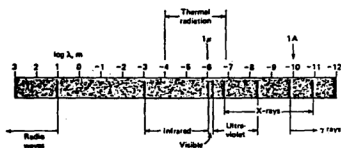
شكل (1.5) حركة الأرض حول الشمس وحول نفسها



شكل ( 2 . 5 ) المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي الساقط على سطوح افقية على سطح الأرض ( واط / متر مربع متوسط 24 ساعة )



### منحنى التوزيع الطيفي



### تحليل الطيف الموجي

شكل (3.5) طيف الاشعاع الشمسي





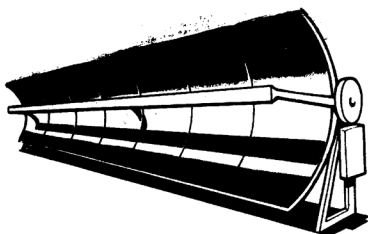
شكل ( 4 . 5 ) جهاز قياس شدة الاشعاع الشمسي المباشر



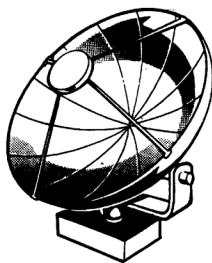
شكل ( 5 . 5 ) جهاز قياس شدة الاشعاع الشمسي الكلي



شكل ( 6 . 5 ) جهاز قياس شدة الاشعاع الشمسي المنتشر

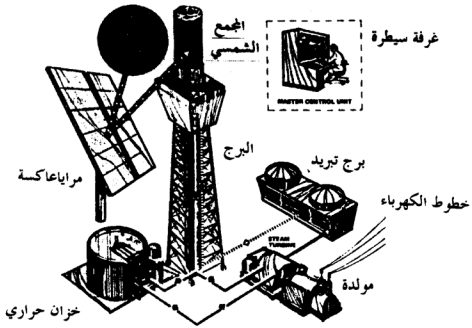


مركز خطي

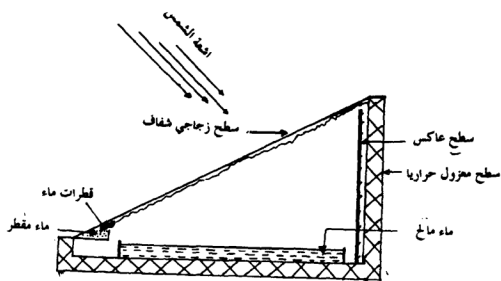


مركز نقطي

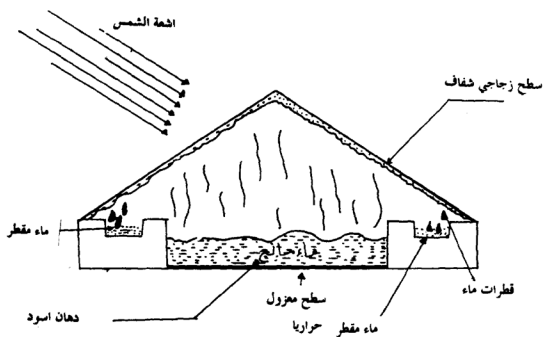
شكل ( 7 . 5 ) المراكز الشمسية



شكل ( 8 . 5 ) المخطط البرجية

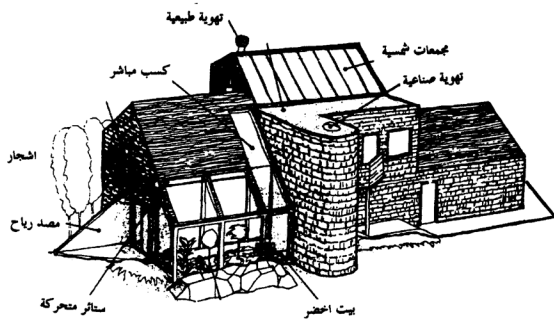


مقطر شمسي ذو سطح شفاف مائل باتجاه واحد

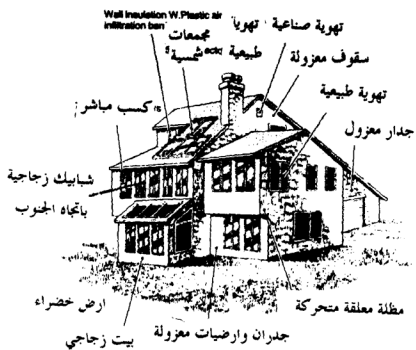


مقطر شمسي ذو سطحين شفافين مائلين باتجاهين

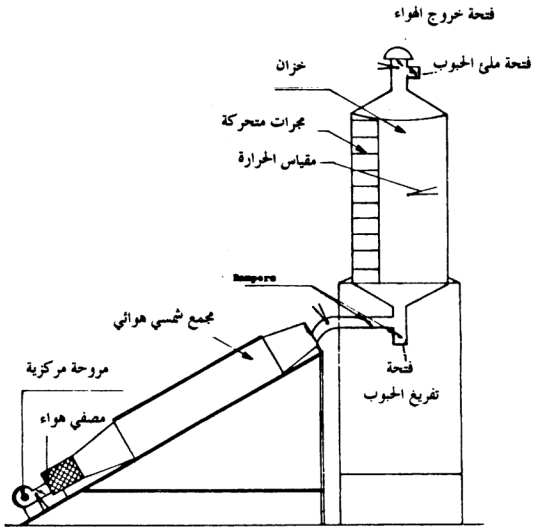
شكل (9.5) مقطرات شمسية



شكل ( 10 . 5 ) استعمال بعض منظومات الطاقة الشمسية في تكييف المبنى

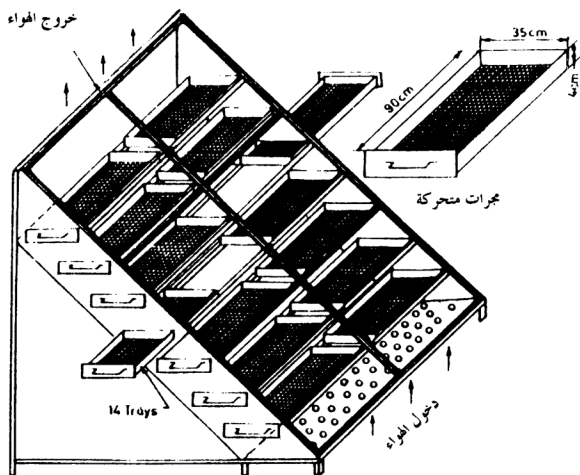


شكل ( 5 . 11 ) استعمال منظومات الطاقة الشمسية في تزويد الطاقة المطلوبة في المبنى

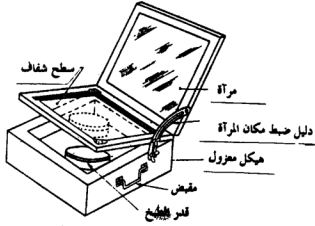


شكل ( 5. 12 ) مجفف شمسي غير تجاري

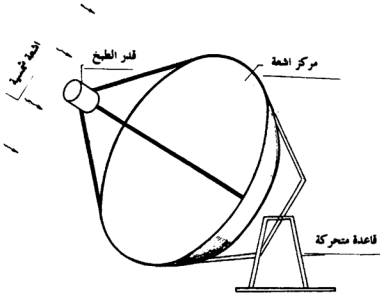




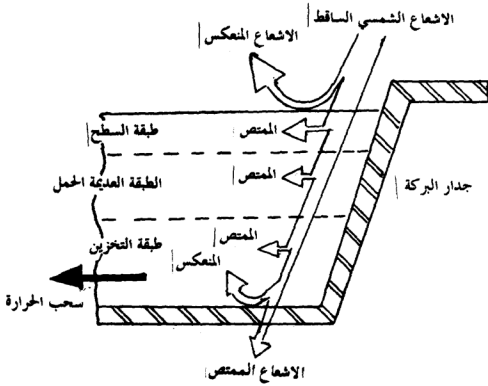
شكل ( 5. 13 ) مجفف شمسي تجاري



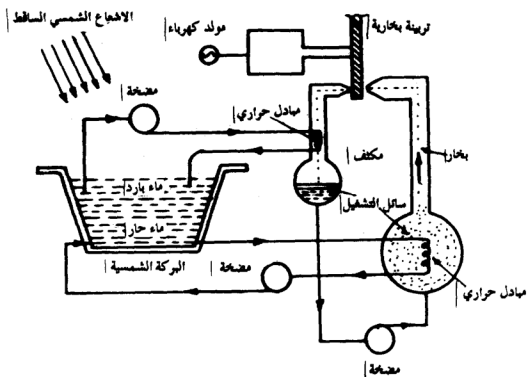
شكل (14.5) قلدر شمسي



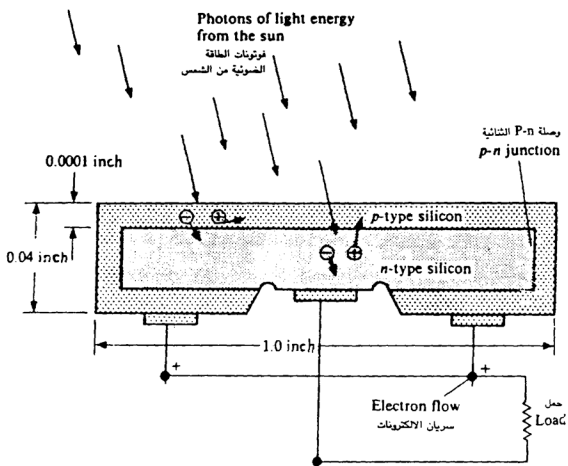
شكل (15.5) قلدر شمسي مع مركز اشعة شمسية



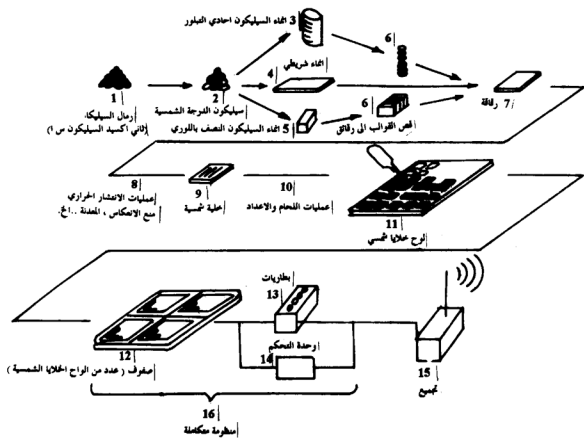
شكل ( 5. 16 ) مقطع في بركة شمسية  
وسلوك الاشعاع الشمسي الساقط عليها



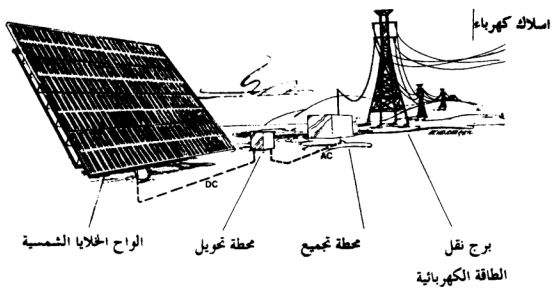
شكل ( 5. 17) محطة توليد الكهرباء باستخدام البركة الشمسية



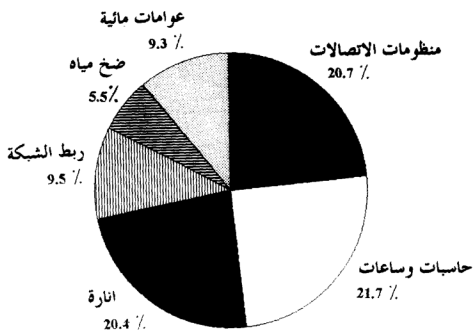
شكل ( 5. 18 ) تركيب الخلية الشمسية



شكل ( 5. 19) التقنية المستخدمة في تصنيع الخلايا الشمسية

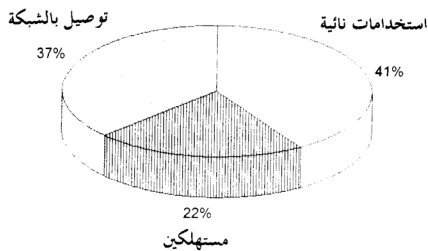


شكل ( 5. 20 ) محطة توليد الكهرباء بواسطة الخلايا الشمسية



شكل ( 5 . 21 ) نسب استخدام الخلايا الشمسية في المجالات المختلفة





شكل ( 5. 22) النسب المتوقعة لإنتاج الخلايا الشمسية في العالم لسنة 2025



## الفصل السادس

# استخدام الطاقة الشمسية في تسخين الماء

لقد شاع استعمال منظومات تسخين المياه الشمسية لتزويد الماء الساخن بشكل واسع نتيجة لبساطة التقنية المستخدمة في مثل هذه المنظومات وكذلك لسهولة التركيب والتشغيل والصيانة. وقد ادى استعمال هذه المنظومات في اغلب ايام السنة ماعدا الايام الغائمة والباردة جدا ، الى مردودات اقتصادية جيدة نتيجة لعدم الحاجة الى استعمال مصادر طاقة مثل الكهرباء والنفط والغاز التي تستعمل عادة في تشغيل سخانات المياه التقليدية بالإضافة الى عدم احدثائها مضارا جانبية .

وكما ذكر سابقا لقد شاع استعمال هذه المنظومات في مناطق عديدة من العالم حتى في المناطق التي لا تتوفر فيها معدلات كافية من الاشعاع الشمسي وتتميز بقصر ساعات سطوع الشمس ، في حين يتميز العالم العربي بمعدلات عالية من الاشعاع الشمسي وساعات سطوع شمس طويلة . وهذا يشجع على استعمال الطاقة الشمسية في مجال تسخين المياه للاغراض المنزلية على اقل تقدير وبشكل واسع في توفير الماء الساخن للصناعات الغذائية والوحدات الخدمية في المصانع والمجمعات السكنية وفي عمليات تدفئة البيوت الخضر ( الصوبات الزراعية ) .

ستتطرق فيما يلي الى انواع سخانات المياه التقليدية المستعملة في البيوت في الوقت الحاضر وكذلك نستعرض تصاميم منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية ثم نستعرض العلاقة التصميمية التي تربط بينهما لتحقيق الفائدة المنشودة .

## 6 . 1 . سخانات المياه التقليدية للاغراض المنزلية

يستعمل عادة في البيوت السكنية احد الانواع المتوفرة في السوق من اجهزة سخانات المياه المنزلية التي تشغل بالطاقة الكهربائية . وفي الوقت الحاضر يتناقص بنسبة عالية استعمال السخانات النفطية والغازية في البيوت للمنافسة الشديدة من قبل السخانات الكهربائية لما تمتاز به من مواصفات فنية جيدة . وقد شاع استعمال السخان الكهربائي المنزلي الذي تتراوح سعته ما بين 80 - 100 لتر . وتوجد انواع اخرى من السخانات الكهربائية آتية التشغيل ذات ساعات قليلة تستعمل عادة في الحمامات الصغيرة والمرافق الخدمية في المكاتب الخاصة بمحدودة الاستعمال . وتعددت اشكال وانواع

ومصادر صناعة هذه الاجهزة وعرفت في السوق المحلية بأسماء الشركات المصنعة والمسوقة . وقد احتكرت الشركات العالمية بعض الاسواق المحلية في تسويق انواع عديدة من اجهزة السخانات المرغوبة . واصبحت هذه السخانات مألوقة التداول نتيجة الانتشار الواسع وتوفر الخبرة المحلية المطلوبة لعمليات التركيب والتشغيل والصيانة .

## 6 . 2 . منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية

توجد منظومات متعددة ومتنوعة لتسخين المياه يكون المجمع الشمسي من اهم اجزائها الرئيسية . وهو الجزء الذي يحول الطاقة الشمسية الى طاقة حرارية تنقل بواسطة سائل مثل الماء الى بقية اجزاء المنظومة للاستعمال المباشر وغير المباشر . وتختلف تصاميم منظومات التسخين الشمسية بسبب تنوع تصاميم المجمعات الشمسية المتعددة . يمكن تقسيم المنظومات الشمسية الى منظومات ذات سريان طبيعي ( السالبة ) ومنظومات ذات سريان قسري . والفرق بينهما هو عدم استعمال مصدر طاقة خارجي لتحريك المائع بين اجزاء المنظومة بل يعتمد على الحرارة التي يكتسبها المائع عند مروره في المجمع الشمسي حيث تساعد هذه الحرارة على تقليل كثافة المائع وتسبب في حركة المائع الطبيعية داخل المنظومة في حين يستعمل في المنظومة القسرية مصدر طاقة خارجي لتحريك المائع بداخلها . ويمكن القول بان درجة حرارة المائع المستحصلة وكفاءة الاداء في المنظومة الطبيعية اقل منها في المنظومة القسرية . وكذلك يمكن التحكم في مكان تركيب المجمع الشمسي واختيار موضع الخزان الحراري عند تركيب المنظومة القسرية في المبنى في حين لايمكن تحقيق ذلك في المنظومة الطبيعية . ويمكن ايضا تقسيم المجمعات الشمسية المختلفة الى مجمعات بدون تركيز للاشعة الشمسية وتكون هذه المجمعات ثابتة في الغالب والى مجمعات ذات نسبة تركيز قليلة وتكون ثابتة ايضا . والمجمعات ذات التركيز المتوسط تكون متحركة بمحور واحد والمجمعات ذات التركيز المتوسط والعالي تكون متحركة بمحورين لتابعة حركة الشمس اثناء ساعات النهار . ويمكن تعريف تركيز الاشعة الشمسية وهو استقبال الاشعة الشمسية بمساحة واسعة من احد انواع المركبات البصرية والسطوح العاكسة وتركيزها بمساحة صغيرة وبدرجة حرارة عالية يتم استعمالها بصورة مباشرة او غير مباشرة . وكذلك تكون هذه المجمعات ذات تركيز وتجميع مباشر او غير مباشر . ويطلق عليها في بعض الاحيان التـركـيز مرحلـة واحدة او اكثر . وسنتطرق الى شرح بعض تصاميم وانواع المجمعات

الشمسية وتطبيقاتها المختلفة . ويوضح الشكل ( 1 . 6 ) تصنيفا عاما لاهم المجمعات الشمسية المستعملة في تطبيقات ذات درجات حرارة مختلفة .

فيما يلي وصف عام لانواع منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية التي يطلق عليها غالبا منظومة السخان الشمسي ( او السخان الشمسي احتصارا ) ، وشرح مكوناتها وتوضيح نظرية عملها والتقنية المستخدمة فيها .

لقد تعددت اشكال واحجام وتصاميم المنظومات المتوفرة في الاسواق ويمكن تقسيمها الى نوعين :

#### أ - منظومات تسخين الماء الطبيعية ( الحمل الحراري الطبيعي ، السالبة )

ان اسط تصميم للمكونات الرئيسية لمنظومة تسخين الماء الشمسية المباشرة بواسطة الحمل الحراري الطبيعي ( التي تعرف بمنظومة السخان الشمسي ) كما هو موضح في الشكل ( 2 . 6 ) وتتكون من الاجزاء التالية :

- مجمع شمسي مستوي
- خزان ماء معزول حراريا (خزان حراري)
- أنابيب ووصلات أنبوبية للربط بين الاجزاء
- أجهزة التحكم الميكانيكية أو الكهربائية

وتعتمد في مكانة عملها على الاختلاف في كثافة الماء الداخل والماء الخارج من المجمع الشمسي نتيجة لاكتساب الحرارة من أشعة الشمس الذي يؤدي الى عملية دوران طبيعية للماء بين المجمع الشمسي والخزان الحراري رافعا درجة حرارة الماء في الخزان تدريجيا دون الحاجة الى استعمال مصدر طاقة خارجي . كما يمكن الاستفادة من هذه المنظومات في الاوقات الغائمة والايام الباردة جدا وخلال ساعات الليل بأضافة شعة تسخين كهربائية ( مقاومة كهربائية ) للخزان الحراري ، وفي هذه الحالة يصبح الخزان الحراري كسخان كهربائي تقليدي لتوفير الماء الساخن . وتمتاز منظومة التسخين الشمسي المباشرة للماء بواسطة الحمل الحراري الطبيعي بسهولة التركيب والتشغيل والصيانة . كما يمكن استعمالها في جميع المناطق ويزيد من فائدتها استعمالها في المناطق النائية التي لا تتوفر فيها مصادر الطاقة التقليدية . ومن مساوئ هذا النوع من المنظومات انها تحتاج الى فترة زمنية اطول لتوفير الماء الساخن بدرجات الحرارة المرغوبة من المنظومات الاخرى التي سوف يتم التطرق

البا . يراعى عند تركيب المنظومة أن يكون المجمع الشمسي على ارتفاع محدد من الخزان الحراري لضمان عملها .

## ب - منظومات تسخين الماء الموجبة ( القسرية )

يوضح الشكل ( 6 . 3 ) اجزاء هذا النوع من المنظومات المتكونة من :

- مجمع شمسي مستوي
- خزان الماء المعزول حراريا ( مخزان حراري )
- أنابيب ووصلات الربط بين الأجزاء
- مضخة لتدوير الماء
- أجهزة سيطرة ميكانيكية أو كهربائية

يستعمل هذا النوع من المنظومات مضخة لتدوير الماء وتساعد على سريانه داخل أجزاء المنظومة لتسهيل عملية انتقال الماء من المجمع الشمسي الى الخزان الحراري بفترة زمنية أقل من المدة التي تستغرقها منظومة الحمل الحراري الطبيعي للوصول الى نفس درجة حرارة الماء المطلوبة . وان استعمال هذه المضخة سوف يساعد في زيادة كفاءة المنظومة والتحكم في درجة حرارة الماء الساخن مع سرعة جريان الماء . كما تمتاز هذه المنظومة بحرية اختيار مكان تركيب المجمع الشمسي وموضع الخزان الحراري داخل المبنى . وتتطلب هذه المنظومات تركيب أجهزة تحكم حرارية ميكانيكية او كهربائية لغرض التحكم في درجات الحرارة وتشغيل مضخة الماء . ومن مساويعها انها تحتاج الى مراقبة عمل أجهزة التحكم ومضخة دوران الماء واستعمال مصدر طاقة خارجي لتشغيل المضخة . ويمكن ايضا اضافة شحنة كهربائية ( مقاومة كهربائية ) للخزان الحراري لكي يعمل كسخان كهربائي تقليدي ، كما تم شرحه في اعلاه . ولغرض التغلب على المشاكل المتولدة من استعمال احد انواع منظومات تسخين المياه الشمسية التي تم شرحها سابقا في المناطق التي تشكو نسبة ملوحة عالية او في المناطق الباردة يستخدم مبادل حراري داخل الخزان الحراري ، ويعرف هذا النوع بمنظومة تسخين الماء غير المباشر ، كما هو موضح في الشكل ( 6 . 4 ) . وبهذه الوسيلة تتشكل دائرة مغلقة بين المبادل الحراري والمجمع الشمسي ويتم نقل الحرارة المجمعة في المجمع الشمسي بواسطة محلول ماء ومائع التجمد الى المبادل الحراري ومن خلاله يتم نقل الحرارة الى الماء الموجود في الخزان الحراري بعملية انتقال الحرارة بين الماء والمحلول الموجود داخل المبادل الحراري ضمن الدائرة المغلقة . وتكون

درجة حرارة الماء الناتجة منها اقل من درجة حرارة الماء الناتجة في المنظومات المباشرة نتيجة لكفاءة المبادل الحراري . ويمتاز هذا النوع من المنظومات بعمر تشغيل اطول للمجمع الشمسي والخزان الحراري مقارنة بالانواع الاخرى وبالتغلب على مشاكل تراكم الاملاح وحالات التجمد والجليان التي يمكن ان تتعرض لها المنظومة خلال فترة التشغيل في فصلي الشتاء والصيف . وتستعمل هذه المنظومات في المناطق التي تتوفر فيها مصادر طاقة كهربائية لتشغيل مضخة الماء في الدائرة المغلقة . وفيما يلي شرح مفصل لطريقة عمل منظومة السخان الشمسي ومكوناتها وتركيبها ووصف مواصفاتها الرئيسية .

## 6 . 2 . 1 . المجمع الشمسي المستوي

ان المجمع الشمسي هو الجزء الذي يحول الطاقة الشمسية الساقطة عليه الى طاقة حرارية بواسطة اللوح الماص ، كما هو موضح في الشكل ( 5 . 6 ) . وتستعمل عادة نسبة محددة لتحديد العلاقة بين مساحة المجمع الشمسي وحجم الخزان الحراري . ويعتمد تحديد هذه النسبة على عوامل عديدة اهمها نوع المنظومة والموقع الجغرافي ودرجة حرارة الماء المطلوبة وشدة الاشعاع الشمسي وسرعة الرياح . ويمكن تقدير العلاقة بين 2.40 - 3.00 متر مربع من مساحة المجمع الشمسي لكل 150 - 180 لتر ماء من حجم الخزان الحراري . هذه العلاقة يصلح تطبيقها على المنظومات الشمسية لتسخين الماء المستعملة في مناطق الشرق الاوسط وشمال افريقيا . ويتكون المجمع الشمسي المبين في الشكل ( 6 . 6 ) من الاجزاء التالية :

### أ - الهيكل الخارجي

يحتوي الهيكل الخارجي على العازل واللووح الماص ويثبت على سطحه العلوي اللوح الزجاجي الشفاف ، كما في الشكل ( 6 . 6 ) . ويصنع الهيكل الخارجي من مادة سهل التعامل معها اثناء التصنيع والتركيب من حيث المواصفات الميكانيكية والفيزيائية ، وتكون مقاومة للظروف الجوية من حيث الحرارة والصداً ويفضل ان تكون من الصفيح المعدني المغلون او من الالمنيوم او من البلاستيك المقوى .

## ب - العازل الحراري

يستخدم لعزل الهيكل الخارجي وجوانبه من الداخل ويوضع العازل بين قاعدة الهيكل واللوح الماص . كما يفضل ان يكون العازل من مادة رغوية اسفنجية او من الصوف الزجاجي المقطعي من جهة واحدة بصفحة المنيوم لماعة .

## ج - اللوح الماص

تتم عملية امتصاص الاشعة الشمسية الساقطة مباشرة بواسطة اللوح الماص المتكون من لوحة معدنية مسطحة ذات اشكال هندسية متنوعة مدهونة بطلاء اسود داكن غير لماع في الغالب (او طلاء انتقائي) ويجري داخلها الماء الناقل للحرارة الى بقية مكونات السخان الشمسي ، كما هو موضح في الشكل ( 6 . 6 ) . ويصنع اللوح الماص من معدن ( او مطاط ) طبقا للمواصفات التالية :

1. قابلية عالية لامتصاص أشعة الشمس
  2. قابلية عالية للتوصيل الحراري
  3. سهولة التشكيل بالكبس واللحام
  4. سعة حرارية جيدة
  5. خفيف الوزن
  6. مقاوم لدرجات الحرارة المختلفة وعدم تغيير خواصه الفيزيائية
  7. قليل ترسيب املاح الماء والتأكسد
  8. قابلية عالية لتقبل الطلاء المقاوم للحرارة او الطلاء الانتقائي
  9. رخيص الثمن نسبيا
- وفي مايلي اهم انواع الالواح الماصة المستعملة في منظومات السخانات الشمسية التقليدية :-

### 1 . اللوح الماص نوع الشطيرة :

يتكون من صفيحتين مكبوستين بشكل مضلع وملحومتين من الجوانب بواسطة لحام محطى وبعض النقاط في الوسط بواسطة لحام تقطعي . ويجري الماء بين الصفيحتين في مسارات شبكة التضليع المتكونة بينهما كما في الشكل ( 7 . 6 ) . وهذا النوع من اللوح الماص هو اسهل الانواع صنعا واقلها كلفة .



## 2 . اللوح الماص ذو الانابيب المتعرجة :

يتكون اللوح الماص المبين في الشكل ( 6 . 8 ) من انبوب معدني بقطر ( 12 - 15 ملم ) منحني بشكل متعرج ( Zig Zag ) ليكون الشبكة الانبوبية ثم لحماها الى صفيحة معدنية . وهذا يحتاج الى آلة لحام كبيرة ويتطلب بعض الدقة في عملية لحام الشبكة الانبوبية بالصفيحة المعدنية بعملية واحدة في درجات لحام عالية .

## 3 . اللوح الماص نوع شبكة انابيب ملحومة الى صفيحة معدنية :

يتكون من شبكة انابيب ذات ابعاد مربعة او مستطيلة بقياسات متناسبة بين الطول والعرض ، ملحومة الى صفيحة معدنية كما في الشكل ( 6 . 9 ) وتتكون الشبكة من نوعين من الانابيب ذات اقطار مختلفة بحيث يكون قطر الانبوبين العلوي والسفلي ( 20 - 25 ملم ) ويطلق عليهما انابيب التوصيل الرئيسية ( المجمعات ) ومجموعة الانابيب الوسطية بين الانبوبين العلوي والسفلي تكون عادة اقل قطرا ( 12 - 15 ملم مثلا ) وتدعى الانابيب الصاعدة . وبعد ان تقطع الانابيب الى القياسات المطلوبة ينقب الانبوبان العلوي والسفلي ثم تشكل الشبكة باللحام وتفحص . ومن ثم تلحم هذه الشبكة بصورة مباشرة الى صفيحة معدنية بواسطة اللحام الحار .

## 4 . اللوح الماص نوع صف من انبوب ذي زعنفة :

يشبه تصميم هذا اللوح الماص تصميم اللوح الماص نوع شبكة انابيب ملحومة الى صفيحة معدنية . ويتكون هذا اللوح من انابيب ذات اقطار مختلفة بحيث يكون قطر الانبوبين العلوي والسفلي ( 20 - 25 ملم ) ويطلق عليهما انابيب التوصيل الرئيسية ( المجمعات ) وتصنع من سبيكة النحاس . ومجموعة من الانابيب الوسطية الطولية ( الصاعدة ) الملحومة بين الانبوبين العلوي والسفلي وتصنع ايضا من سبيكة نحاس ذات قطر ( 10 - 12 ملم ) . تخترق كل انبوب وسطي طولي زعنفة من الالمنيوم الرقيق ذي سطح انتقائي بواسطة الدفع البارد ( او البثق ) وعند لحام الانابيب الوسطية الطولية بالتقوب المحددة بالانبوبين العلوي والسفلي يشكل اللوح الماص بالقياس المطلوب ، كما هو موضح في الشكل ( 6 . 10 ) . ويمكن ايضا لحام نهايات الانابيب الوسطية الطولية ( الصاعدة ) مع بعضها لتكون دائرة مغلقة متعرجة يدخل الماء من جهة ويخرج من الجهة المعاكسة لها كما جاء شرحه في اللوح الماص ذي الانابيب المتعرجة . ويوجد حد فاصل ضيق جدا

بين الزعانف المتحجرة او تكون متراكبة مع بعضها . وحقق هذا التصميم زيادة قليلة في كفاءة المجموع الشمسي مقارنة بالمجمعات الشمسية التي تستعمل الألواح الماصة الاخرى المذكورة سابقا . ويتطلب تصنيع هذا النوع من اللوح الماص مراحل أكثر من المراحل التي تتطلبها طرق انتاج الألواح الماصة الاخرى بالإضافة الى التكاليف الباهضة والدقة العالية في العمل .

## د - الطلاء الانتقائي

يطلق اللوح الماص بمادة الطلاء التي تقوم بامتصاص أكثر كمية من موجات الاشعاع الشمسي الساقطة عليها وتحولها الى حرارة بواسطة اللوح الماص . تكون مادة الطلاء من الصبغ الاسود ( او الازرق في بعض المواد ) الداكن غير اللامع ويتمتع بالمواصفات الفيزيائية التالية :

1. قابلية عالية للاتصاق بسطح اللوح الماص
  2. قابلية عالية على امتصاص أكثر كمية من موجات الاشعاع الشمسي
  3. قابلية عالية على انتقال الحرارة بدون تغير المواصفات الفيزيائية
  4. مقاوم للظروف الجوية المتغيرة
  5. لا يتفاعل او يتأكسد مع اللوح الماص
  6. سهولة الاستعمال
  7. رخيص الثمن نسبيا
- ويوضح الجدول ( 1 . 6 ) بعض المواصفات الفيزيائية لبعض انواع الطلاء المستعمل في المجمعات الشمسية . وتجري بحاث مكثفة للحصول على طلاء انتقائي له القابلية على امتصاص الاشعة الشمسية بكفاءة عالية .

## هـ - السطح الشفاف

يتكون عادة من مادة شفافة كالزجاج النقي او البلاستيك ويفضل استخدام الزجاج لعدة اسباب منها قابليته العالية لنفاذ الاشعة وقلة امتصاصه لها وعدم التأثر بالظروف الجوية واختلاف درجات الحرارة وتوفره في الاسواق المحلية ، كما هو موضح في الشكل ( 6 . 6 ) .

## 6 . 2 . 2 . خزان الماء الحراري

يقوم خزان الماء المعزول حراريا بتزويد المجموع الشمسي بالماء ثم استقبال وعزل الماء المسخن القادم من المجموع الشمسي والمحافظة على درجات حرارة الماء المسخن الى فترات بعد غروب الشمس . يصنع خزان الماء عادة من مادة معدنية بشكل اسطواني معزول بالصوف الزجاجي ويغلف من الخارج بصفيح معدني رقيق كما موضح في الشكل ( 6 . 11 ) . ويمكن اضافة شمعة تسخين ( مقاومة كهربائية ) تعمل بالطاقة الكهربائية كالتي تستعمل في السخانات المنزلية الكهربائية التقليدية وكذلك يمكن اضافة مبادل حراري داخل الخزان الحراري لتشكيل دائرة مغلقة لخدمة عملية التسخين غير المباشرة للماء .

## 6 . 2 . 3 . الانابيب والوصلات

هي مجموعة من الانابيب والتوصيلات التي تربط بين مكونات منظومة السخان الشمسي وتضمن اما من معدن مغلول او من بلاستيك مقوى كما يمكن استعمال الانابيب والوصلات المستخدمة في مد شبكات الماء في المباني ( قطر نصف بوصة حديد مغلول ) في الربط لقلّة تكاليفها ، مقارنة بانابيب ووصلات النحاس وسهولة استعمالها وسرعة تركيبها وتوفر الايدي العاملة . ولا يفضل استعمال انابيب وتوصيلات بلاستيكية وذلك لعدم قابليتها في الغالب على تحمل فروق درجات حرارة واسعة وعدم مقاومتها للظروف الجوية وقصر عمرها .

## 6 . 2 . 4 . مضخة ماء

تستعمل مضخة ماء ذات قدرة كافية لها فتحتان لدخول ومخرج الماء مناسبان لقياس انابيب ووصلات الربط المستعملة في ربط مكونات منظومة تسخين الماء المستعملة في المباني للاغراض المنزلية . وفي حالة اختيار تصميم خاص لمنظومة تسخين الماء يلزم طبيعة مبنى ما ، يتم حساب قدرة مضخة الماء الكافية للتغلب على مقاومة قوة احتكاك الماء مع الانابيب في مجموع اطوال شبكة توزيع الماء المستعملة في التصميم .

## 6 . 2 . 5 . اجهزة التحكم الميكانيكية او الكهربائية

تستعمل اجهزة التحكم الميكانيكية مثل الحساسات الحرارية ( Thermostats ) او الكهربائية مثل مجسات حرارية كهربائية ( Sensors ) للتحكم في اختيار وتوزيع درجات الحرارة في اجزاء المنظومة . وتؤدي الى زيادة الكفاءة والاستعمال الامثل لمنظومة السخان الشمسي . ولا تختلف هذه الاجهزة من حيث عملها عن الاجهزة التقليدية المستعملة عادة في مكيفات الهواء ومنظومات التكييف المركزية وسخانات المياه التقليدية . ومن هذه الاجهزة على سبيل المثال صمامات التحكم واجهزة قياس درجات الحرارة وضبط جريان الماء والعوامات وصمامات تنفيس الهواء... الخ .

## 6 . 3 . العوامل المؤثرة على كفاءة منظومة السخان الشمسي

تتأثر كفاءة منظومة تسخين الماء الشمسية بالأداء الحراري لأجزاء المنظومة ويمكن الحديث عن العوامل المؤثرة على أداء كل جزء على حده :

- العوامل المؤثرة على الأداء الحراري للمجموع الشمسي وسوف نتناولها بالتفصيل لاحقا .
- العوامل المؤثرة على الأداء الحراري للخزان الحراري حيث ان الفقد الحراري عن طريق التسرب الحاصل بسبب رداءة العازل الحراري المغلف لحوض الخزان الحراري ويؤدي الى تدني كفاءة منظومة السخان الشمسي .
- العوامل المؤثرة على الأداء الحراري لأنابيب الربط بين أجزاء منظومة السخان الشمسي حيث أن عدم استعمال مادة حرارية عازلة من نوعية جيدة بالإضافة الى المبالغة في استعمال أطوال أنابيب زائدة يؤدي الى زيادة في الفقد الحراري من الأنابيب مما يضيف عاملا آخر الى العوامل التي ذكرت في تدني كفاءة منظومة السخان الشمسي الكلية .

وكما ذكرنا سوف تتم دراسة العوامل التي تؤثر في كفاءة المجموع الشمسي الذي يعتبر الجزء الأساسي في منظومة السخان الشمسي . وتعد كفاءة المجموع الشمسي عنصرا أساسيا يدخل في تحديد كفاءة منظومة السخان الشمسي ككل . ويعتبر الفقد الحراري من بقية اجزاء المنظومة عنصرا ثانويا يؤخذ بعين الاعتبار عند تقييم المنظومة .

## 6 . 4 . الأداء الحراري للمجمع الشمسي المستوي

ولغرض دراسة كفاءة الأداء الحراري للمجمع الشمسي يجب التعرف أولاً على العوامل المؤثرة على مسار أشعة الشمس الساقطة على المجمع الشمسي . إن جزءاً كبيراً من أشعة الشمس يتم فقدته نتيجة تأثير ذرات الغبار والماء ومكونات الهواء الغازية على امتصاص وانعكاس أشعة الشمس في الغلاف الجوي . وعند سقوط أشعة الشمس فإن جزءاً منها ينعكس إلى الخارج معتمداً على زاوية سقوط الأشعة على سطح المجمع الشمسي ، وجزءاً آخر منها يمتص في السطح الشفاف والجزء المتبقي ينفذ إلى داخل الحيز بين السطح الشفاف واللوح الماص من ثم يسقط على اللوح الماص ويتم امتصاص جزء كبير منه في اللوح الماص . وتحدث سلسلة من عمليات انعكاس للأشعة بين اللوح الماص والسطح الشفاف وقسم منها يفقد إلى الخارج ، كما هو موضح في الشكل ( 6 . 12 ) وهذا هو أحد الأسباب التي تؤخذ بعين الاعتبار عند حساب كفاءة أداء المجمع الشمسي .

## 6 . 5 . العوامل المؤثرة على كفاءة المجمع الشمسي المستوي

إن أهم العوامل التي تؤثر على كفاءة المجمع الشمسي مايلي :

- الظروف الجوية المحيطة
  - الموقع الجغرافي
  - مواصفات السطح الشفاف
  - مواصفات وتصميم اللوح الماص
  - مواصفات الطلاء الانتقائي
  - مواصفات انعزل حراري
  - درجة حرارة الماء الداخل للمجمع الشمسي
  - سرعة سريان الماء في المجمع الشمسي
  - زاوية ميل المجمع الشمسي
- ويمكن تعريف كفاءة المجمع الشمسي بالعلاقة التالية :

$$\eta = \frac{\text{الحرارة النافعة المكتسبة بواسطة المجمع الشمسي}}{\text{كمية الأشعاع الشمسي الساقطة عليه}} \quad (1.6)$$

يمكن حساب الحرارة النافعة المكتسبة بواسطة المجموع الشمسي بالمعادلة التالية :

$$Q_u = A_c F_R [ S - U_L(T_{f,i} - T_a)] \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

حيث إن :

- $A_c$  مساحة المجموع الشمسي ( $m^2$ )
- $S$  شدة الأشعاع الشمسي الساقط ( $W / m^2$ ) . وتقاس شدة الأشعاع الشمسي الساقط على المجموع الشمسي عادة بواسطة أحد أجهزة قياس شدة الأشعاع الشمسي وبنفس زاوية ميل المجموع الشمسي .
- $U_L$  معامل الفقد الحراري الكلي ( $W / m^2 . ^\circ C$ )

$$U_L = U_t + U_b + U_e \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

حيث أن :

- $U_t$  معامل الفقد الحراري العلوي ( $W / m^2 . ^\circ C$ )
- $U_b$  معامل الفقد الحراري الخلفي ( $W / m^2 . ^\circ C$ )
- $U_e$  معامل الفقد الحراري خلال الجوانب ( $W / m^2 . ^\circ C$ )
- $T_{f,i}$  درجة حرارة الماء الداخل للمجموع الشمسي ( $^\circ C$ )
- $T_a$  درجة حرارة المحيط الخارجي ( $^\circ C$ )
- $F_R$  عامل انتزاع الحرارة

$$F_R = \frac{\dot{m} C_p (T_{f,o} - T_{f,i})}{A_c [ S - U_L (T_{f,i} - T_a)]} \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

حيث إن :

- $\dot{m}$  مقدار سريان الماء ( $kg / s$ )
- $C_p$  الحرارة النوعية للماء تحت ضغط ثابت ( $kJ / kg . ^\circ C$ )
- $T_{f,o}$  درجة حرارة الماء الخارج من المجموع الشمسي ( $^\circ C$ )

ويعطى الشكل ( 6 . 13 ) العلاقات الرياضية لبعض تصاميم المجمعات الشمسية لتسخين الماء .

## 6 . 6 . العوامل المطلوب قياسها لحساب كفاءة المجموع الشمسي المستوي

في ادناه العوامل المطلوب قياسها موقعيا لفرض حساب كفاءة المجموع الشمسي المستوي :

- درجة حرارة الهواء الخارجي
- سرعة الرياح المؤثرة على المجموع الشمسي
- الموقع الجغرافي
- زاوية ميلان المجموع الشمسي
- معدل الأشعاع الشمسي الساقط على المجموع الشمسي
- معدل ساعات سطوع الشمس
- درجة حرارة الماء الداخل للمجمع والخارج منه
- معدل سريان الماء في المجموع الشمسي
- أبعاد ومواصفات أجزاء المجموع الشمسي
- والمشتقات المطلوب حسابها لتقدير كفاءة المجموع الشمسي المستوي هي :

- معدل الأشعاع الشمسي
- معامل الفقد الحراري العلوي  $U_t$  والخلفي  $U_b$  ومن الجوانب  $U_e$  والكلية  $U_L$  .
- معامل كفاءة المجموع  $F'$
- عامل انتزاع الحرارة  $F_R$
- عامل سريان الماء  $F''$

يمكن حساب معامل كفاءة المجموع الشمسي المائي من علاقات رياضية تختلف حسب تصميم اللوح الماص في المجمعات الشمسية المائية ، كما هو ظاهر في الشكل ( 6 . 13 ) ويمكن إيجاد عامل سريان الماء ( $F''$ ) من الشكل ( 6 . 14 ) والعلاقة التالية :

$$F'' = F_R / F' \quad \dots\dots\dots (5.6)$$

حيث أن :

$F_R$  معامل إنتزاع الحرارة كما جاء في المعادلة ( 6 . 4 )

F معامل كفاءة المجمع الشمسي . يقدم الشكل (6. 13) بعض تصاميم المجمعات

الشمسية لتسخين الماء والمعادلات الرياضية لحساب الفقد الحراري الكلي ومعامل

كفاءة المجمع الشمسي .

وهناك معادلات رياضية لحساب كفاءة الأداء التقريبية . ويوضح الشكلان

( 6. 14 ) و ( 6. 15 ) منحنيات تساعد على الحصول على كفاءة المجمع الشمسي من المتغيرات

الاساسية الداخلة في تصميم وحساب كفاءة المجمع .

ومما تقدم يمكن الاستنتاج ان أهم العوامل التي يجب أن تدرس وتحسب عند إجراء تقييم او

مفاضلة بين منظومات تسخين الماء الشمسية المختلفة التي تستعمل أحد تصاميم المجمعات الشمسية

المستوية والتي لا تحتوي على أي شكل من أشكال تركيز الأشعة الشمسية الساقطة عليها :

أولاً : مواصفات المجمع الشمسي :

- 1- مساحة المجمع الشمسي (متر مربع)
- 2- تصميم اللوح الماص
- 3- معدن اللوح الماص
- 4- نوع الطلاء الانتقائي
- 5- سعة إحتواء الماء
- 6- عامل كفاءة المجمع الشمسي  $F'$
- 7- عامل سريان الماء  $F''$
- 8- كفاءة الزعانف (F) عندما يكون اللوح الماص من نوع صفيحة معدنية
- 9- مواصفات مادة السطح الشفاف
- 10- مواصفات مادة إحكام الغلق للسطح الشفاف
- 11- مواصفات إطار السطح الشفاف
- 12- مواصفات هيكل المجمع الشمسي
- 13- مواصفات العازل الحراري
- 14- وزن المجمع الشمسي
- 15- خواص التشغيل الرئيسية.



ومن الجدير بالذكر إن المجمعات الشمسية المائية المستوية ذات الكفاءة العالية تتمتع بما يلي :

- 1- قيمة عالية لمعامل الإنتزاع الحراري  $FR$
  - 2- قيمة عالية لمعامل سريان الماء  $F''$
  - 3- قيمة عالية لمعامل كفاءة المجمع  $F'$
  - 4- معدل منخفض لمعامل الفقد الحراري الكلي  $U_L$
  - 5- سعة عالية لإحتواء الماء
  - 6- سهولة الإستعمال والصيانة
  - 7- خفة الوزن
  - 8- استعمال اجزاء ذات مواصفات عالية
  - 9- إعتداد العلاقة البيانية القياسية بين كفاءة الأداء و  $(T_{f,i} - T_a)/S$  أخذين بعين الإعتبار الموقع الجغرافي وسرعة الرياح في المنطقة وبواسطتها يمكن مقارنة كفاءة السحان الشمسي المطلوب تقيمه كما في الشكل ( 17 . 6 ) .
- توجد مختبرات في المراكز البحثية والشركات المتخصصة تقوم بعمليات الفحص وتقييم الاداء واصدار شهادة كفاءة المجمعات الشمسية بموجب المواصفات العالمية . يوضح الشكل ( 18 . 6 ) مختبرا متخصصا باعمال الفحص والتقييم .

ثانيا : مواصفات خزان الماء الحراري

- 1- سعة الخزان
  - 2- مواصفات هيكل خزان الماء الحراري
  - 3- مواصفات العازل الحراري
  - 4- مواصفات تغليف خزان الماء الحراري
- ثالثا : مواصفات أنابيب الربط بين الأجزاء والتوصيلات
- 1 - مواصفات مادة الأنابيب والتوصيلات
  - 2 - مواصفات مادة العازل الحراري
  - 3 - مواصفات مادة التغليف
- رابعا : مواصفات أجهزة السيطرة الميكانيكية والكهربائية
- خامسا: مواصفات مضخة تدوير الماء المستعملة في المنظومة الموجبة ( القسرية )

سادسا: الوزن الكلي للمنظومة  
سابعا : خواص التشغيل الرئيسية  
ثامنا : سهولة الإستعمال والصيانة  
تاسعا : ضماننا لعمر تشغيلي على مدى 10 سنوات كحد أدنى و 15 سنة كحد أقصى ، وما زاد  
على ذلك فإنه يشارك في رفع الجدوى الاقتصادية للمنظومة .

## 6 . 7 . العوامل المؤثرة على تركيب منظومات تسخين الماء الشمسية

سنذكر الان اهم العوامل التي تؤخذ بعين الاعتبار عند تركيب منظومة تسخين الماء الشمسية المتكاملة كما في الشكل ( 6 . 2 ) او المجمع الشمسي المرتبط بالسخان الكهربائي المنزلي كما في الشكل ( 6 . 19 ) وهي :

### 6 . 7 . 1 . الموقع الجغرافي لتركيب المنظومة

تركب منظومات السخانات الشمسية المتكاملة بمكان يواجه الاتجاه الجنوبي بزاوية ميل عن المستوي الافقي مساوية لدرجة خط العرض للموقع الجغرافي للحصول على اقصى طاقة شمسية مجمعة على مدار السنة دون الحاجة الى تحريك المجمعات الشمسية باتجاه حركة الشمس خلال ساعات النهار . ونتيجة لارتفاع الشمس في فصل الصيف وانخفاضها في فصل الشتاء يلجأ الى تقليل او زيادة زاوية الميل مع الافق بمقدار 15 درجة على التوالي للحصول على اكبر كمية من الاشعاع المجمعة . ان طبيعة تصاميم المنظومات الشمسية والمعدلات العالية للاشعاع الشمسي الساقط في عموم الوطن العربي تؤديان الى عدم ضرورة تغيير هذه الزاوية صيفا او شتاءا . ولو اخذنا مثالا توضيحيا على ذلك فان زاوية تركيب المجمعات الشمسية في مدينة طرابلس الغرب مساوية للموقع الجغرافي لخط العرض البالغ 32.68 درجة مع المستوي الافقي وباتجاه مقابل الى الجنوب . لابد من الاشارة الى المساحة المطلوبة لاستيعاب تركيب منظومة السخان الشمسي . ولو فرضنا ان سعة الخزان الحراري للمنظومة 150 لتر ماء فيعني هذا ان المساحة التقريبية للمجمع الشمسي تعادل 2.40 مترا مربعا . ويمكن تقدير المساحة الكافية لاستيعاب مكوبات منظومة السخان الشمسي مع القاعدة الحديدية بمقدار  $2.50 \times 2.50$  متر اخذين بنظر الاعتبار توفير مساحة كافية لسهولة الوصول لاجزاء المنظومة .

## 6 . 7 . 2 . تأثير الظل

يجب اختيار مكان تركيب السخان الشمسي في موقع معرض لاستقبال اشعة الشمس المباشرة خلال ساعات النهار وعلى مدار السنة . ان الظل يحجب اشعة الشمس مما يؤدي الى عدم الفائدة المرجوة من السخان الشمسي . لذا يجب دراسة الموقع جيدا بحيث يكون معرضا بصورة مباشرة للاشعة الشمسية الساقطة عليه دون التأثير بالظلال المتولدة بسبب المباني والاشجار العالية .

## 6 . 7 . 3 . تأثير هبوب الرياح

ان هبوب الرياح المستمر على سطح المجموع الشمسي يؤدي الى زيادة الفقد الحراري وبالتالي تدني كفاءة الاداء الحراري الكلي للمنظومة . ولهذا يدرس المكان المخصص للتركيب بحيث لا يتعرض للتيارات الباردة ، وفي حالة وجود مثل هذه التيارات يقام احد انواع مصدات الرياح المناسبة بحساسة محددة في مكان تركيب المنظومة بحيث لا يولد ظلا على سطح المجموع الشمسي .

## 6 . 7 . 4 . سهولة الوصول للمنظومة

بالاضافة الى العوامل الرئيسية المهمة التي تم التطرق اليها اعلاه فإن من الضروري اختيار مكان تركيب المنظومة في مساحة كافية للقيام باعمال الصيانة والتنظيف ومراقبة الاداء اذا لزم الامر .

## 6 . 7 . 5 . سهولة توصيل الماء البارد من المصدر

يراعى عند اختيار مكان تركيب المنظومة امكانية توصيل الماء البارد من خزان الماء العلوي في المبنى بواسطة انبوب ماء معدني مقاوم للصدأ .

## 6 . 7 . 6 . القرب من نقاط استخدام الماء الساخن

يراعى عند اختيار مكان تركيب المنظومة قربها من نقاط تزويد الماء الساخن للاستعمالات المختلفة لغرض تقصير اطوال الانابيب المستعملة وتقليل تكاليف عزلها بعازل حراري جيد مقاوم للظروف الجوية لتقليل كمية الفقد الحراري من الماء الساخن المار بها . ولكن هناك بعض المحددات التي لاتسمح بذلك مما يضطر الى تركيب المنظومة في المكان المتوفر لذلك يحتاج الى انابيب معدنية وعازل حراري في هذه الحالة . والسائد عموما ان مكان تركيب المنظومة يكون في سطوح المباني .

## 6 . 7 . 7 . العوامل المساعدة

نذكر بعض العوامل الرئيسية التي تساعد في زيادة اداء منظومة السخان الشمسي ومنها مايلي:

- 1 . المراقبة المستمرة
- 2 . نظافة السطح الشفاف للمجمع الشمسي
- 3 . المحافظة على العازل الحراري لانياب الماء الساخن
- 4 . الصيانة الدورية عند الحاجة

عند تركيب واستعمال السخان الشمسي لابد من مراقبة ادائه كما يحدث عند استعمال اي جهاز خدمي منزلي . ان المراقبة المستمرة ضرورية عند استعمال السخان الشمسي للوقوف على تشخيص اي خلل قد يظهر في اي جزء من مكونات السخان الشمسي سواءا كان ذلك من جراء تأثير الظروف الجوية او عوامل خارجية وبالتالي معالجة الخلل في الوقت المناسب باقل تكاليف . ان نظافة السطح الشفاف للمجمع الشمسي تأثيرا مباشرا وحاسما على كفاءة اداء السخان الشمسي فوجود ذرات الغبار والأتربة... الخ يساعد على عدم نفاذية اشعة الشمس الساقطة عليه وبالتالي تدني كفاءة الاداء . ولا تحتاج منظومات السخانات الشمسية الى تغيير قطع غيار او قطع تستهلك اثناء التشغيل ولكن الشيء الوحيد الذي يتطلب الصيانة هو حدوث نزوح في انابيب الماء او تشقق العازل الحراري لانياب الماء الساخن من جراء تأثير العوامل الجوية .

ونستنتج مما تقدم بان تعرض منظومة السخان الشمسي المتكاملة او المجمع الشمسي لاشعة الشمس المباشرة وتحديد زاوية الميل المتجهة نحو الجنوب من الامور الدقيقة التي يجب مراعاتها بدقة . اما بقية العوامل التي تم الحديث عنها سابقا فيمكن معالجتها بأحدى الطرق الملائمة لغرض زيادة كفاءة اداء المنظومة . ان كافة العوامل التي شرحت وذكرنا معالجتها لا تحتاج الى تقنية متخصصة او مصاريف اضافية تذكر لغرض تنفيذها .

ولابد من الاشارة الى ان العوامل التي نوقشت في اعلاه يتم اعتمادها في كافة المنظومات الشمسية ذات السطوح المصممة لتجميع الاشعة الشمسية الساقطة عليها . ونذكر منها على سبيل المثال توليد الطاقة الكهربائية بواسطة الخلايا الشمسية عند تعرض سطوحها للاشعة الشمسية المباشرة .

## 6 . 8 . ربط السخان الشمسي بالسخان الكهربائي المنزلي

توجد عدة طرق وتصاميم لربط السخان الشمسي بالسخان الكهربائي المنزلي وسوف نتطرق الى ابرز الطرق الشائعة الاستعمال وهي :-

### 6 . 8 . 1 . ربط المجمع الشمسي بالسخان الكهربائي المنزلي

يتم ربط المجمع الشمسي بالسخان الكهربائي المنزلي التقليدي عن طريق ربط مصدر الماء من الخزان العلوي في البيت الى نقطة دخول الماء الى المجمع الشمسي وربط نقطة الخروج من المجمع الشمسي الى نقطة دخول الماء الى السخان الكهربائي المنزلي . وبهذه الطريقة يمكن الاستغناء عن الخزان الحراري وبعض الاجهزة المساعدة وتقصير طول الانابيب الموصلة ، وفي الايام المشمس والغائمة جزئيا يتم تزويد الماء الساخن بدرجة حرارة اعلى من درجة حرارة الماء القادم من المصدر . ان استعمال المجمع الشمسي كما هو موضح في الشكل ( 6 . 19 ) سوف يقلل الحمل الحراري على السخان الكهربائي ويقلل ايضا الطاقة الكهربائية المستهلكة . وهذه الطريقة شائعة الاستعمال في البيوت والعمارات الخدمية والسكنية المختلفة .

### 6 . 8 . 2 . ربط منظومة السخان الشمسي بالسخان الكهربائي المنزلي

يفضل البعض استعمال احد انواع منظومات السخان الشمسي التي تم التطرق اليها سابقا بجانب السخان الكهربائي المنزلي ، وتعمل كل منظومة مستقلة عن المنظومة الاخرى ، وفي تصاميم اخرى يمكن تركيب توصيلات انابيب لعمل ربط مباشر بين المنظومتين حيث يمكن بواسطة هذا الربط استغلال منظومة السخان الشمسي اطول فترة تشغيل ممكنة خلال ايام السنة وللجوء الى السخان الكهربائي المنزلي عند الحاجة الى درجات حرارة ماء عالية في بعض الايام الغائمة والباردة جدا في السنة كما هو موضح في الشكل ( 6 . 20 ) .

### 6 . 8 . 3 . استعمال المنظومة الشمسية المتكاملة لتجهيز الماء الحار

توجد منظومات مصممة خصيصا للدمج بين منظومتي السخان الشمسي والسخان الكهربائي المنزلي ، ويمكن تركيب احد انواع هذه المنظومات في المبنى وتحقيق الاستفادة القصوى من الطاقة

الشمسية في توفير الماء الحار في جميع ايام السنة واستعمال الكهرباء عند الحاجة للتعويض عن عدم كفاية الطاقة الشمسية في بعض الايام كما اسلفنا سابقا . وبالرغم من ارتفاع تكاليف هذه المنظومات إلا انها تتميز بكفاءة تشغيل عالية ودقة متناهية في استغلال الطاقة الشمسية باستعمال اجهزة التحكم الذاتية وبعض الاجهزة المساعدة بالإضافة الى المكونات الرئيسية الموضحة في الشكل ( 21.6 ) . ولازال التقدم التقني مستمرا في سبيل التوصل الى تصنيع منظومات تسخين ماء شمسية متكاملة تعمل بكفاءة عالية بأسعار منافسة لمنظومات تسخين الماء التقليدية .

## 6 . 9 . مساوئ ومميزات استعمال السخان الشمسي

بالحقيقة لايمكن ان تطلق كلمة مساوئ على السخان الشمسي بقدر ماهي بالواقع طبيعة عمل السخان الشمسي ، الذي يعمل عند توفر معدل كاف من شدة الاشعاع الشمسي . وعند عدم توفر الاشعاع الشمسي في الايام الغائمة والباردة حدا يعني عدم فاعلية السخان الشمسي في تلك الاوقات مما لا يستطيع اكتساب طاقة حرارية كافية لتجهيز الماء الحار للاستعمال المنزلي . وقد عولجت هذه الحالة باستعمال مصدر طاقة كهربائي في تسخين الماء .

ورعا يتعرض السخان الشمسي الى حالات الغليان او الانجماد في اوقات نادرة حدا معتمدة على الظروف الجوية ونوع المنظومة المستعملة . وتوجد طرق تقنية متعددة لمعالجة مثل هذه الحالات . ويمكن اختيار نوع المنظومة الملائمة مع ظروف الموقع الجغرافي وتوفر الطاقة الكهربائية للتغلب على مثل هذه الحالات وكذلك معالجة مشاكل ملوحة الماء .

ومن المميزات الرئيسية التي يمتاز بها السخان الشمسي هي :-

- 1 . عدم حاجته الى خيرة فنية متخصصة وصيانة وقطع غيار
- 2 . عدم حاجته الى مصدر طاقة خارجي في حالة استعمال احدى منظومات تسخين الماء الطبيعية . والحاجة الى مصدر طاقة خارجي في تحريك الماء وتشغيل المقاومة الكهربائية عند استعمال احدى انواع منظومات تسخين الماء القسرية .
- 3 . يمكن تركيبه واستعماله في مختلف المباني .
- 4 . يمكن تركيبه واستعماله في المناطق النائية .
- 5 . يساهم مساهمة فعالة في توفير الماء الحار للاستعمال المنزلي والصناعي وترشيد استهلاك الطاقة وتقليل مسببات تلوث البيئة .
- 6 . ان استعمال وتصنيع هذه المنظومات سيضيف خيرة تقنية للمجتمع ويجاد فرص عمل جديدة .

جدول ( 1 . 6 ) المواصفات الفيزيائية لبعض انواع الطلاء والمواد

طلاء انتقائي

Surface	$\alpha$	$\epsilon$
"Nickel Black" on galvanized iron	0.81	0.16-0.18
"Cu Black" on Cu, by treating Cu with solution of NaOH and NaClO <sub>2</sub>	0.89	0.17
Ebanol C on Cu; commercial Cu-blackening treatment giving coatings largely CuO	0.90	0.16
Black-chrome plated on Ni plated steel	0.95	0.09
CuO on Al; by spraying dilute Cu (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> solution on hot Al plate and baking	0.93	0.11
CuO on Ni; made by electrode deposition of Cu and subsequent oxidation	0.81	0.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> —Mo—Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> —Mo—Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Mo—Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> interference layers on Mo ( $\epsilon$ measured at 500°F)	0.91	0.085
PbS crystals on Al	0.89	0.20
"Nickel Black," two layers on electroplated Ni on mild steel ( $\alpha$ and $\epsilon$ after 6-hr immersion in boiling water)	0.94	0.07

المواصفات الفيزيائية لبعض انواع المواد

Material		Emittance/Temperature, K	Absorptance <sup>a</sup>
Aluminum, pure	H*	$\frac{0.102}{573}, \frac{0.130}{773}, \frac{0.113}{873}$	0.09-0.10
Aluminum, Anodized	H	$\frac{0.842}{296}, \frac{0.720}{484}, \frac{0.669}{574}$	0.12-0.16
Aluminum with SiO <sub>2</sub> Coating	H	$\frac{0.366}{263}, \frac{0.384}{293}, \frac{0.378}{324}$	0.11
Carbon Black in Acrylic Binder	H	$\frac{0.83}{278}$	0.94
Chromium	N	$\frac{0.290}{722}, \frac{0.355}{905}, \frac{0.435}{1072}$	0.415
Copper, polished	H	$\frac{0.041}{338}, \frac{0.036}{463}, \frac{0.039}{803}$	0.35
Gold	H	$\frac{0.025}{275}, \frac{0.040}{468}, \frac{0.048}{668}$	0.20-0.23
Iron	H	$\frac{0.071}{199}, \frac{0.110}{468}, \frac{0.175}{668}$	0.44
Lampblack in Epoxy	N	$\frac{0.89}{298}$	0.96
Magnesium Oxide	H	$\frac{0.73}{380}, \frac{0.68}{491}, \frac{0.53}{755}$	0.14
Nickel	H	$\frac{0.10}{310}, \frac{0.10}{468}, \frac{0.12}{668}$	0.36-0.43
Paint			
Parsons Black	H	$\frac{0.981}{240}, \frac{0.981}{462}$	0.98
Acrylic White	H	$\frac{0.90}{298}$	0.26
White (ZnO)	H	$\frac{0.929}{295}, \frac{0.926}{478}, \frac{0.889}{646}$	0.12-0.18





اشعاع شمسي خارج الغلاف الجوي المحيط بالكرة الارضية

اشعاع مباشر

اشعاع معطر

يتعرض الاشعاع الى عمليات امتصاص  
والانكسار بسبب مكونات الغلاف الغازي  
( ذرات الماء والغبار والغيوم والغازات .. الخ . )

يستعمل في كل المجموعات الشمسية

يستعمل في المجموعات الشمسية

غير المركزة

مجموعات متحركة

مجموعات ذات حركة

مجموعات غير متحركة

مجموعات غير متحركة

تركيز متوسط وعالي

غير مباشرة

تركيز منخفض

بدون تركيز

تركيز عالي

انواع المجموعات

انواع المجموعات

انواع المجموعات

انواع المجموعات

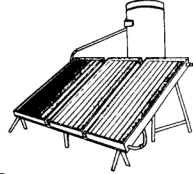
مجموعات ذات عدسات فريزل المركزة  
مجموعات ذات المركز الثابت واللوح  
المائل المتحرك

مجموعات اسطوانية ذات القطع المكافئ  
مجموعات ذات عاكسات فريزل  
مجموعات طولية ذات القطع المكافئ  
مجموعات المرايا العاكسة ( المحطة

البرجية )

مجموعات المرايا العاكسة  
تركيز مرحلتين

مجموعات شمسية مسوية  
مجموعات ذات خلايا التحل  
مجموعات انبوبية مفرغة



3

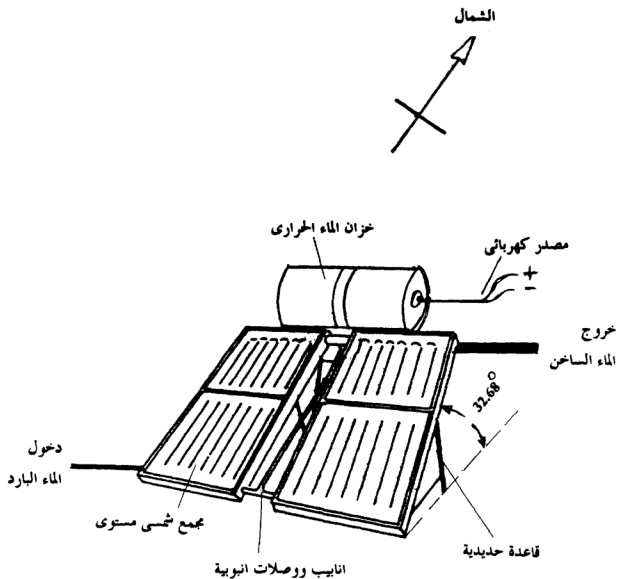
2

1

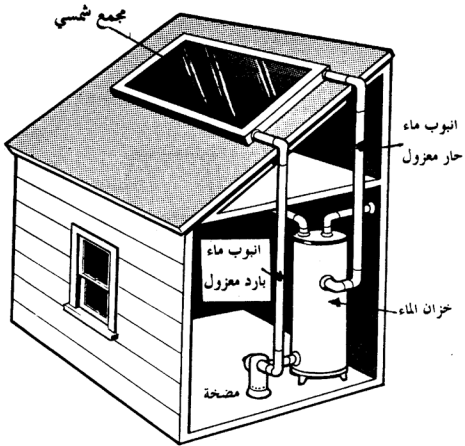


هناك مجمعات شمسية أخرى ذات تصاميم منفردة تعامل بصورة خاصة حسب طريقة الاستعمال

شكل ( 1 . 6 ) تصنيف عام لاهم المجمعات الشمسية

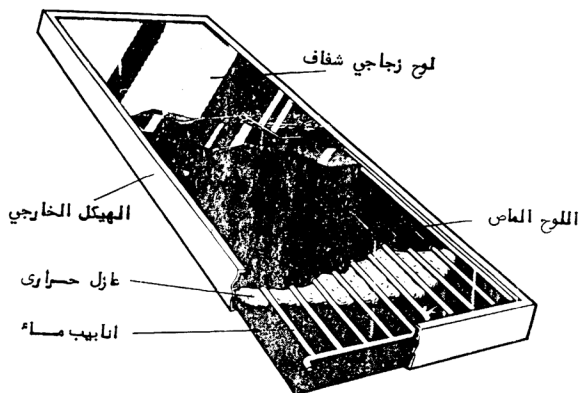


شكل ( 2 . 6 ) منظومة تسخين الماء الشمسية المباشرة  
بواسطة الحمل الحراري الطبيعي

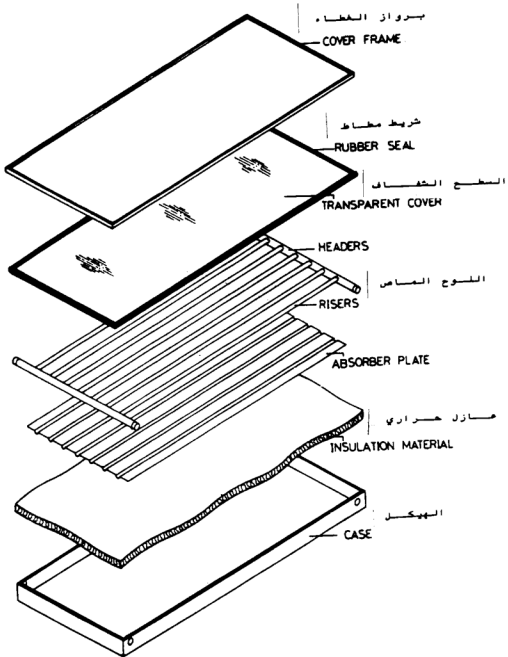


شكل ( 3 . 6 ) منظومة تسخين الماء الشمسية المباشرة القسرية

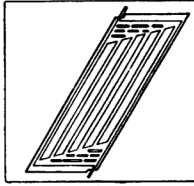




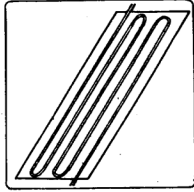
شكل ( 5 . 6 ) مجمع شمسي



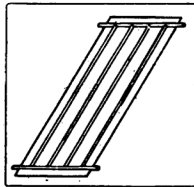
شكل ( 6 . 6 ) اجزاء المجمع الشمسي المستوي



شكل ( 7 . 6 ) اللوح الماص نوع الشطيرة ( سندويچ )

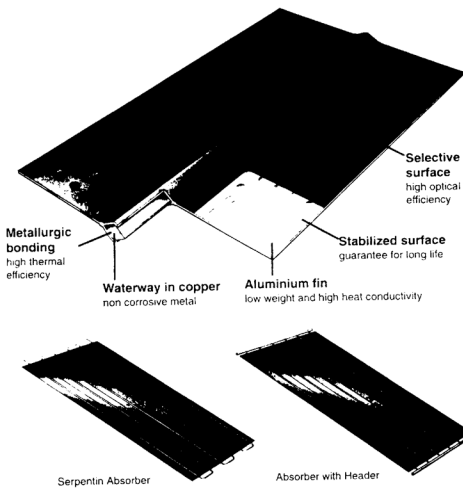


شكل ( 8 . 6 ) اللوح الماص نوع انبوب معوج  
بشكل ( Zig Zag )  
ملحوم الى صفيحة معدنية

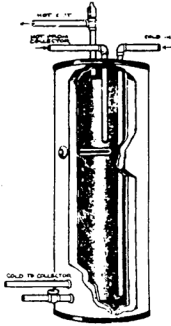


شكل ( 9 . 6 ) اللوح الماص نوع شبكة ملحومة الى صفيحة معدنية

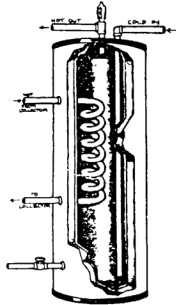




شكل ( 6 . 10 ) اللوح الماص نوع صف من انبوب ذي زعنفة ( TeknoTerm )

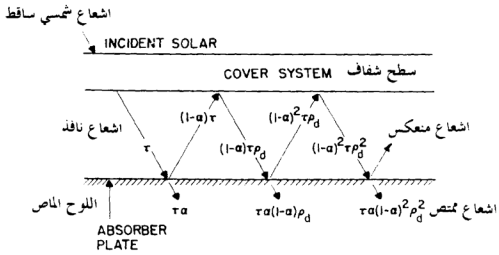


خزان الماء في منظومة  
التسخين المباشرة

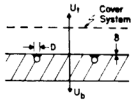


خزان ماء لمنظومة التسخين  
غير المباشرة  
بواسطة مبادل حراري

شكل ( 6 . 11 ) خزان الماء الحواري



شكل ( 6 . 12 ) عملية امتصاص الاشعاع الشمسي في المجموع

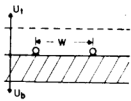


$$U_L = U_t + U_b$$

$$F' = \frac{1}{\frac{WU_L}{\pi Dh} + \frac{WU_L}{C_{bond}} + \frac{W}{D(W-D)F}}$$

$$F = \frac{\tanh m(W-D)/2}{m(W-D)/2}$$

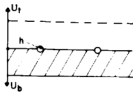
$$m^2 = U_L / k \delta$$



$$U_L = U_t + U_b$$

$$F' = \frac{1}{\frac{WU_L}{\pi Dh} + \frac{D}{W} + \frac{1}{\frac{WU_L}{C_{bond}} + \frac{W}{D(W-D)F}}}$$

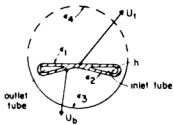
$$F = \text{same as (a)}$$



$$U_L = U_t + U_b$$

$$F' = \frac{1}{\frac{WU_L}{\pi Dh} + \frac{W}{D(W-D)F}}$$

$$F = \text{same as (a)}$$

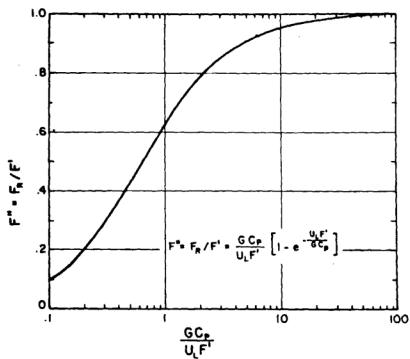


$$U_L = U_t + U_b$$

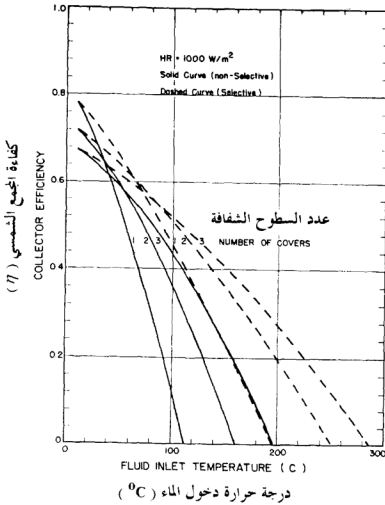
$$F' = \frac{1}{1 + \frac{U_b}{h}}$$

Valid only with negligible heat transfer between inlet and outlet fluid tubes.

شكل ( 6 . 13 ) بعض تصاميم المجمعات الشمسية لتسخين الماء



شكل ( 6 . 14 ) العلاقة بين معامل سرّيان الماء و  $GC_p / U_L F'$



### شكل ( 6 . 15 ) كفاءة التجميع الشمسي

عندما تكون شدة الإشعاع الشمسي 1000 ( W/m<sup>2</sup> ) وبالمواصفات التالية :

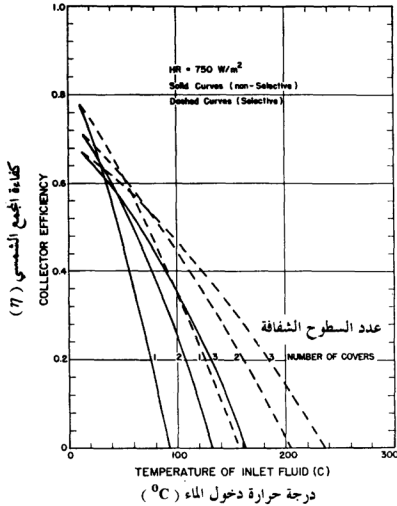
$$F' = 0.95 , F_{r,0} = 0.90 , \text{ Tilt angle} = 45^{\circ} , \text{ Wind speed} = 5 \text{ m/s} , T_{a,0} = 10^{\circ}\text{C} , T_{\text{sky}} = 10^{\circ}\text{C}$$

$$\varepsilon_p = 0.95 \text{ ( non selective )} , \quad \varepsilon_p = 0.10 \text{ ( selective )} , \quad K1 = 0.0$$

$$(\tau\alpha) = 0.87 \text{ ( One Cover )}$$

$$= 0.80 \text{ ( Two Covers )}$$

$$= 0.80 \text{ ( Three Cover s )}$$



شكل ( 6 . 16 ) كفاءة المجموع الشمسي

عندما تكون شدة الاشعاع الشمسي  $750 \text{ W/m}^2$  وبالمواصفات التالية :

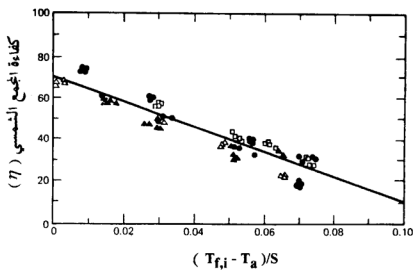
$F' = 0.95$  ,  $F_R = 0.90$  , Tilt angle =  $45^{\circ}$  , Wind speed =  $5 \text{ m/s}$  ,  $T_a = 10^{\circ}\text{C}$  ,  $T_{\text{sky}} = 10^{\circ}\text{C}$

$\varepsilon_p = 0.95$  ( non selective ) ,  $\varepsilon_p = 0.10$  ( selective ) ,  $KI = 0.0$

$(\tau\alpha) = 0.87$  ( One Cover )

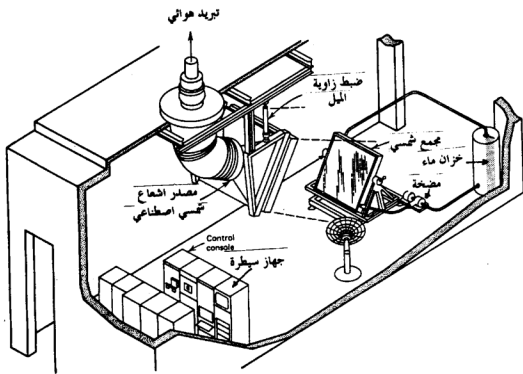
$= 0.80$  ( Two Covers )

$= 0.80$  ( Three Cover s )

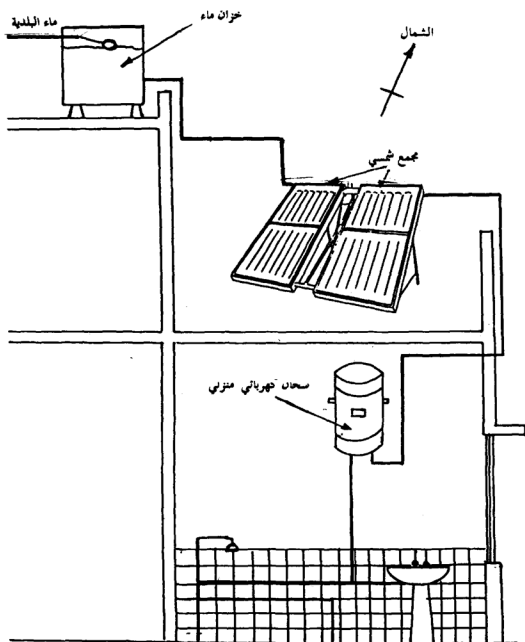


شكل ( 6 . 17 ) العلاقة بين كفاءة المجموع و  $(T_{f,i} - T_a)/S$

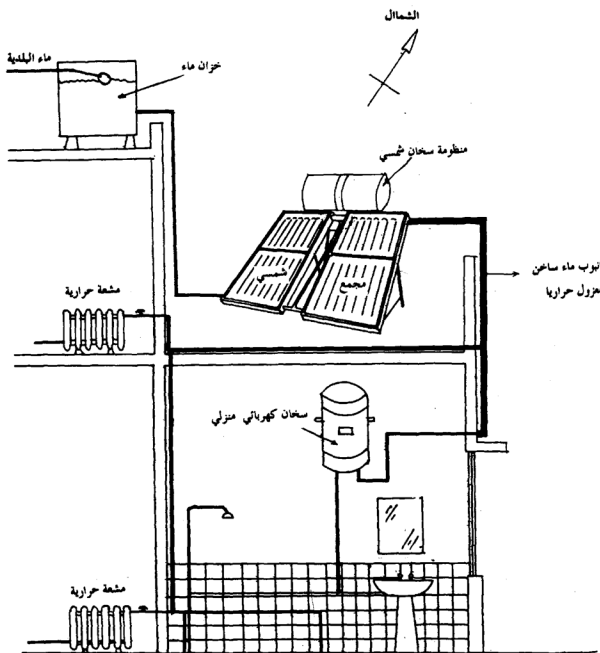




شكل ( 6 . 18 ) مختبر ( NASA - Lewis ) متخصصا باعمال فحص وتقييم التجمعات الشمسية



شكل ( 6 . 19 ) مجمع شمسي مربوط بالسخان الكهربائي المنزلي



شكل ( 6 . 20 ) منظومة السخان الشمسي مربوطة بالسخان الكهربائي المنزلي



## الفصل السابع

### استخدام الطاقة الشمسية في تسخين الهواء

لقد أخذت منظومات تسخين المياه الشمسية حيزا واسعا من البحث والتطبيق لتزويد الماء الساخن للاستعمال المنزلي بصورة خاصة والاستعمالات الصناعية بصورة عامة . ونتيجة للمزايا التي تتفوق بها هذه المنظومات على منظومات تسخين الهواء الشمسية ، انصب اهتمام الباحثين في تطوير وتحسين اداء منظومات تسخين الماء اكثر من الاهتمام بمنظومات تسخين الهواء . هناك اسباب اخرى سيتم تسليط الضوء عليها بصورة مفصلة . يتم استخدام السطوح الماصة للمجمعات المتعددة والمتنوعة التصميم المستعملة في تحويل اشعة الشمس الساقطة عليها الى طاقة حرارية يمكن الاستفادة منها في تسخين الهواء الذي يستعمل في تدفئة أجزاء المبنى بصورة مباشرة او غير مباشرة . توجد تصاميم مختلفة لمنظومات متنوعة استعملت في هذا المجال . ويمكن تقسيم منظومات تسخين الهواء الى منظومات قسرية يتسم فيها استعمال مصدر طاقة خارجي لتحريك الهواء الناقل للحرارة داخل أجزاء المنظومة ، ومنظومات تسخين الهواء الشمسية الطبيعية ( السالبة ) التي لا يستعمل فيها اي مصدر طاقة خارجي تعتمد على الحرارة المكتسبة من أشعة الشمس في تحريك الهواء الناقل للحرارة داخل أجزاء المنظومة . سيتم التطرق لاحقا الى انواع منظومات تسخين الهواء الشمسية التي شاع استعمالها في تكييف المباني والتقنية المستخدمة فيها والعوامل المؤثرة على اداها الحراري وفوائدها .

أن استعمال الطاقة الشمسية في تسخين الهواء من أهم الوسائل التي تساهم في تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية وتقليل مصادر مسببات تلوث البيئة . وقد أثبت استعمال الطاقة الشمسية في تسخين الهواء جدواه الاقتصادية وبدون الحاجة الى تقنية عالية في التركيب والتشغيل والصيانة .

#### 7 . 1 . منظومات تسخين الهواء الشمسية الموجبة ( القسرية )

لقد شاع استعمال الطاقة الشمسية في منظومات تسخين الهواء المختلفة في توفير التدفئة والتهوية والجو الطبيعي للسكان في المباني . يوجد تشابه في اداء ووصف مكونات أجزاء منظومات تسخين الهواء الشمسية مع منظومات تسخين الماء الشمسية باستثناء استعمال الهواء بدلا من الماء كوسيط ناقل للحرارة . يتم استعمال مصدر طاقة خارجي لتحريك الهواء الناقل للحرارة بين أجزاء

المنظومة . يتكون ايسط تصميم لهذه المنظومة من مجمع شمسي وخزان حراري ومروحة دافعة للهواء في الجاري الموصلة بين الاجزاء . وتستعمل عادة في مثل هذه المنظومات مسبطرات حرارية او كهربائية تنظم عمل أجزاء المنظومة لتحقيق كفاءة أداء عالية . وتتكون هذه المنظومات كما في الشكل ( 1 . 7 ) من الاجزاء التالية :

### 1 . 1 . 7 . المجمع الشمسي الهوائي

لا يختلف عمل المجمع الشمسي الهوائي عن عمل المجمع الشمسي المائي في عملية تجميع الاشعة الشمسية التي تسقط على اللوح الماص الذي يكون عادة من لوح معدني مصبوغ بلون اسود قائم غير لامع كما في الشكل ( 2 . 7 ) . واللوح الماص له تصاميم عديدة ومتنوعة لتحقيق اكبر كفاءة ممكنة ، منها اللوح المعدني المستوي ذو الزعانف العمودية او السطح المموج او اللوح الماص المتكون من عدة طبقات او شرائح مرتبة على بعضها بالتوالي كما في الشكل ( 3 . 7 ) . يمكن ان يأخذ مسار الهواء داخل المجمع عدة طرق ، منها ان يمر الهواء على السطح المقابل للشمس او من جهتي اللوح الماص او ان يأخذ مسارات متعددة الاتجاه مستقيمة او ملتوية . يستخدم السخان الهوائي الشمسي مربوطا مباشرة الى الحيز المطلوب تدفئته وخاصة في منظومات تسخين الهواء الطبيعية ( السالبة ) المستخدمة بنجاح في عملية تدفئة المباني كما في الشكل ( 4 . 7 ) .

يوجد تشابه كبير بين تصاميم ومكونات المجمعات الشمسية المستوية لتسخين الماء ومكونات مجمعات تسخين الهواء . ويتكون ايسط تصميم للمجمع الشمسي الهوائي المستوي من الاجزاء التالية الموضحة في الشكل ( 2 . 7 ) .

### أ - الهيكل الخارجي

يحتوي الهيكل الخارجي على اجزاء المجمع الشمسي ويثبت على سطحه العلوي اللوح الزجاجي الشفاف . ويصنع الهيكل الخارجي من مادة معدنية مقاومة للظروف الجوية او من الخشب المعامل بالمواد الحافظة او اي مواد اخرى ، ولم يتم انتاج مثل هذه المجمعات على مستوى الانتاج الصناعي الكمي .

## ب - العازل الهوائي

تستخدم مادة الصوف الزجاجي المغطى من جهة واحدة بصفيحة النيويم لماع لعزل الهيكل الخارجي وجوانبه من الداخل .

## ج - اللوح الماص

مثلما ذكر سابقا ، حيث تتم عملية امتصاص اشعة الشمس الساقطة مباشرة على اللوح الماص المتكون من لوحة معدنية مسطحة ذات اشكال وتصاميم متنوعة كما موضح في الشكل ( 3 . 7 ) . يطلّى اللوح الماص بمادة تعرف بالطلاء الانتقائي .

## د - الطلاء الانتقائي

تساعد هذه المادة على امتصاص أكبر كمية من موجات الاشعاع الشمسي الساقطة عليها لتحويلها الى حرارة بواسطة اللوح الماص وتمتاز هذه الصبغة بمواصفات حرارية وفيزيائية جيدة كما ذكرت تفصيلها سابقا .

## هـ - السطح الشفاف

يتكون السطح الشفاف عادة من سطح مستوي شفاف كالزجاج النقي او البلاستيك المقاوم للظروف الجوية . ويفضل استخدام سطح شفاف ذو قابلية عالية على نفاذ الاشعة الشمسية وقلة امتصاصه لها .

## 7 . 1 . 2 . الخزان الهوائي

يقوم الخزان الحراري الهوائي عادة بعملية تخزين الحرارة الواصلة اليه من المجموع الهوائي بواسطة الهواء الحار المتدفق خلاله حيث تكون مادة تخزين الحرارة من احد انواع الحجر او طوب الاسمنت الاسفنجي ، ويتم تخزين الحرارة المكتسبة من الهواء الحار خلال ممره داخل مسارات التخزين . يمكن الاستفادة من الحرارة المخزونة في الخزان عند الحاجة . تبني الجدران الخارجية للخزان الحراري من الطوب ( الطابوق ) او الحجر الجيري او الحجر الاسمتي ويكون الخزان الحراري معزولا حراريا

جيدا ويوضع في الفالب تحت مستوى سطح الارض وذلك لضخامة حجمه وتقل وزنه كما في الشكل ( 5 . 7 ) .

### 7 . 1 . 3 . شبكة مجاري توزيع الهواء

تستعمل مجاري الهواء للربط بين اجزاء المنظومة المستعملة . وتتكون عادة من صفائح الحديد المفلون او رقائق بلاستيكية مقواة تكون معزولة حراريا بواسطة احد انواع العوازل المستعملة في هذا المجال ، لتقليل فقدان الحرارة المكتسبة بواسطة الهواء من خلال جدران المجاري . وقد يستعمل احد انواع مصفيات الهواء مركبا على فتحات دخول الهواء الخارجي الى المنظومة .

### 7 . 1 . 4 . مضخة دفع الهواء

تستعمل مضخة هوائية لدفع الهواء داخل اجزاء المنظومة . ويعتمد في تحديد قدرة المضخة على مقدار الاختسار في الضغط الحاصلة نتيجة استعمال مجاري الهواء والتوصيلات والموزعات وانشاء مرور الهواء داخل المجموع الشمسي والخزان الحراري .

### 7 . 1 . 5 . مسيطرات ومنظمات حرارية

تستعمل عادة المسيطرات والمنظمات الحرارية لفرض السيطرة على حركة دوران الهواء داخل اجزاء المنظومة بالمقارنة مع معدل الاشعاع الشمسي المتوفر والحاجة لمتطلبات التدفئة وطريقة عمل تصميم المنظومة المستعملة .

### 7 . 1 . 6 . مصدر طاقة خارجي

قد تستعمل الطاقة الكهربائية أو النفط في تشغيل احد انواع الاجهزة المستعملة لتوفير الهواء الحار المربوطة الى منظومة تسخين الهواء الشمسية لفرض التعويض عن هذه المنظومة في بعض الاوقات من الايام الغائمة او الباردة التي لا تتوفر فيها معدلات كافية من الاشعاع الشمسي لأغراض التدفئة المطلوبة.



## 2 . 7 . العوامل المؤثرة على كفاءة المجموع الشمسي الهوائي

تأثير كفاءة منظومة تسخين الهواء الشمسية بالأداء الحراري لأجزاء المنظومة ، ويمكن الحديث عن العوامل المؤثرة على أداء كل جزء على حدة :

- العوامل المؤثرة على الأداء الحراري للمجموع الشمسي الهوائي وسوف نتناولها بالتفصيل لاحقا .
- العوامل المؤثرة على الأداء الحراري للحرزان الحراري حيث ان الفقد الحراري عن طريق التسرب الحاصل بسبب رداءة العازل الحراري للغلاف لحوض الحرزان الحراري ، يؤدي الى تدني كفاءة منظومة تسخين الهواء الشمسية .
- العوامل المؤثرة على الأداء الحراري لشبكة مجاري توزيع الهواء التي تربط بين أجزاء منظومة تسخين الهواء الشمسية . أن عدم استعمال مادة حرارية عازلة من نوعية جيدة بالإضافة الى المبالغة في زيادة أطوال قنوات المجاري المستعملة يؤدي الى زيادة في الفقد الحراري من قنوات المجاري مما يضيف عاملا آخر الى العوامل التي ذكرت في تدني كفاءة منظومة تسخين الهواء الشمسية الكلية .

### 1 . 2 . 7 . الأداء الحراري للمجموع الشمسي الهوائي

المجموع هو الجزء الذي يحول الطاقة الشمسية الساقطة عليه الى طاقة حرارية بواسطة اللوح الماص المطلي بطلاء انتقائي خاص . حيث تتم عملية امتصاص اشعة الشمس الساقطة مباشرة على اللوح الماص وتحويلها الى حرارة يلتقطها الهواء المار على اللوح الماص . وتوجد تصاميم عديدة للوح الماص اكثرها استعمالا في الوقت الحاضر هو النوع ذو الصفيحة المعدنية المستوية والصفيحة المعدنية ذات الزعانف العمودية باتجاه مسار الهواء . ولغرض دراسة كفاءة الأداء الحراري للمجموع الشمسي الهوائي يجب التعرف أولا على العوامل المؤثرة على مسار اشعة الشمس الساقطة على المجموع الشمسي . ان جزءا كبيرا من أشعة الشمس يتم فقده نتيجة تأثير ذرات الغبار والماء ومكونات الهواء الغازية القادرة على امتصاص وعكس أشعة الشمس في الغلاف الجوي . وعند سقوط أشعة الشمس فإن جزءا منها ينعكس الى الخارج معتمدا على زاوية سقوط الأشعة على سطح المجموع الشمسي ، وجزءا آخر منها يمتص في السطح الشفاف والجزء المتبقي ينفذ الى داخل الحيز بين السطح الشفاف واللوح الماص ليسقط بعد ذلك على اللوح الماص . يتم امتصاص جزء كبير منه في اللوح الماص . أما الجزء المتبقي فهو يعتبر مفقودا لا يستفاد منه .

## 2 . 2 . 7 . العوامل المؤثرة على كفاءة المجموع الشمسي الهوائي

فيما يلي أهم العوامل التي تؤثر على كفاءة المجموع الشمسي الهوائي :

- الظروف الجوية المحيطة
  - الموقع الجغرافي
  - مواصفات السطح الشفاف
  - مواصفات وتصميم اللوح الماص
  - مواصفات الطلاء الانتقائي
  - مواصفات العزل الحراري
  - درجة حرارة الهواء الداخل للمجموع الشمسي
  - سرعة سريان الهواء في المجموع الشمسي
  - زاوية ميل المجموع الشمسي
- ويمكن تعريف كفاءة المجموع الشمسي بالعلاقة التالية :

$$\eta = \frac{\text{الحرارة النافعة المكتسبة بواسطة المجموع الشمسي}}{\text{كمية الاشعاع الشمسي الساقطة عليه}} \quad (1.7)$$

ويمكن حساب الحرارة النافعة المكتسبة بواسطة المجموع الشمسي بالمعادلة التالية :

$$Q_u = A_c F_R [ S - U_L (T_{f,i} - T_a) ] \quad (2.7)$$

حيث إن :

- $A_c$  مساحة المجموع الشمسي (  $m^2$  )
- $S$  الطاقة الشمسية الممتصة (  $W / m^2$  )
- $U_L$  معامل الفقد الحراري الكلي (  $W / m^2 . ^\circ C$  )
- $T_{f,i}$  درجة حرارة الهواء الداخل للمجموع الشمسي (  $^\circ C$  )
- $T_a$  درجة حرارة المحيط الخارجي (  $^\circ C$  )
- $F_R$  معامل انتزاع الحرارة

ويأخذ معامل الفقد الحراري الكلي في الاعتبار الفقدوات الحرارية التي تحدث من كل السطوح الخارجية للمجمع حيث :

$$U_L = U_t + U_b + U_e \quad \dots\dots\dots (3 . 7)$$

حيث إن :

$U_t$  معامل الفقد الحراري العلوي (  $W/m^2 . ^\circ C$  )

$U_b$  معامل الفقد الحراري الخلفي (  $W/m^2 . ^\circ C$  )

$U_e$  معامل الفقد الحراري خلال الجوانب (  $W/m^2 . ^\circ C$  )

ويعرف معامل أنتزاع الحرارة بأستخدام العلاقة :

$$FR = \frac{\dot{m} C_p (T_{f,o} - T_{f,i})}{A_c [S - U_L (T_{f,i} - T_a)]} \quad \dots\dots\dots (4 . 7)$$

حيث إن :

$\dot{m}$  معدل تدفق كتلة الهواء (  $kg/m^3$  )

$C_p$  الحرارة النوعية للهواء تحت ضغط ثابت (  $kJ/kg . ^\circ K$  )

$T_{f,o}$  درجة حرارة الهواء الخارج من المجمع الشمسي (  $^\circ K$  )

### 7 . 2 . 3 . العوامل المطلوب قياسها لحساب كفاءة المجمع الشمسي الهوائي

لفرض حساب كفاءة المجمع الشمسي الهوائي لا بد من قياس العوامل التالية :

- درجة حرارة الهواء الخارجي
- سرعة الرياح المؤثرة على المجمع الشمسي
- زاوية ميلان المجمع الشمسي
- معدل الأشعاع الشمسي الساقط على المجمع
- درجة حرارة الهواء الداخل للمجمع والخارج منه

- معدل سريان الهواء في المجموع الشمسي

- أبعاد ومواصفات أجزاء المجموع الشمسي

ومن تحصيل القياسات في اعلاه يمكن حساب المتغيرات التالية :

- معامل الفقد الحراري العلوي  $U_L$  والخلفي  $U_b$  ومن الجوانب  $U_e$  والكلية  $U_L$

- معامل كفاءة المجموع  $F'$

- معامل انتزاع الحرارة  $F_R$

- معامل سريان الهواء  $F''$

حيث إن معامل كفاءة المجموع الشمسي الهوائي يمكن حسابه من علاقات رياضية تختلف حسب تصميم اللوح الماص في المجمعات الشمسية الهوائية ، كما هو ظاهر في الشكل ( 3 . 7 ) . إما معامل سريان الهواء ( $F''$ ) فيمكن إيجاداه من العلاقة التالية :

$$F'' = F_R / F' \quad \dots\dots\dots ( 5 . 7 )$$

حيث ان

$F_R$  معامل انتزاع الحرارة كما جاء في المعادلة ( 4 . 7 )

$F'$  معامل كفاءة المجموع الشمسي . يقدم الشكل ( 3 . 7 ) بعض تصاميم المجمعات الشمسية لتسخين الهواء والمعادلات الرياضية لحساب الفقد الحراري ومعامل كفاءة المجموع الشمسي .

ومما تقدم يمكن الاستنتاج إن أهم العوامل التي يجب أن تدرس وتحسب عند إجراء تقييم أو مفاضلة بين منظومات تسخين الهواء الشمسية المختلفة التي تستعمل أحد تصاميم المجمعات الشمسية المستوية والتي لا تحتوي على أي شكل من أشكال تركيز الأشعة الشمسية الساقطة عليها هي :

**أولا : مواصفات المجموع الشمسي**

1- مساحة المجموع الشمسي (متر مربع)

2- نوع اللوح الماص

3- معدن اللوح الماص

4- نوع الطلاء الأنتقائي

- 5- سعة إحتواء الهواء
- 6- معامل كفاءة المجمع الشمسي  $F'$
- 7- معامل سريان الهواء  $F''$
- 8- كفاءة الزعانف ( $F$ ) عندما يكون اللوح الماص من نوع صفيحة معدنية ذات زعانف عمودية

- 9- مواصفات مادة السطح الشفاف
  - 10- مواصفات مادة إحكام الغلق للسطح الشفاف
  - 11- مواصفات إطار السطح الشفاف
  - 12- مواصفات هيكل المجمع الشمسي
  - 13- مواصفات العازل الحراري
  - 14- وزن المجمع الشمسي
  - 15- خواص التشغيل الرئيسية
- ومن الجدير بالذكر إن المجمعات الشمسية الهوائية المستوية ذات الكفاءة العالية تتمتع بما يلي :

- 1- قيمة عالية لمعامل الإنتزاع الحراري  $FR$
- 2- قيمة عالية لمعامل سريان الهواء  $F''$
- 3- قيمة عالية لمعامل كفاءة المجمع  $F'$
- 4- معدل منخفض لمعامل الفقد الحراري الكلي  $UL$
- 5- سعة عالية لإحتواء الهواء
- 6- سهولة الإستعمال والصيانة
- 7- خفة الوزن
- 8- استعمال اجزاء ذات مواصفات عالية
- 9- اعتماد العلاقة البيانية القياسية بين كفاءة الاداء و  $(T_{f,i} - T_a)/S$  أعذذين بعين الإعتبار الموقع الجغرافي وسرعة الرياح في المنطقة وبواسطتها يمكن مقارنة كفاءة السخان الشمسي المطلوب تقييمه كما في الشكل (6 . 7) .

كما تم التطرق اليه سابقا بوجد مختبرات في المراكز البحثية والشركات المتخصصة تقوم بعمليات الفحص وتقييم الاداء واصدار شهادة كفاءة المجمعات الشمسية المختلفة بموجب المواصفات العالمية .

#### ثانيا : مواصفات خزان الهواء الحراري

- 1 - سعة الخزان
- 2 - مواصفات هيكل خزان الهواء الحراري
- 3 - مواصفات العازل الحراري
- 4 - مواصفات هيكل تغليف خزان الهواء الحراري

#### ثالثا : مواصفات مجاري الربط بين الأجزاء والتوصيلات

- 1 - مواصفات مادة المجاري الهوائية
- 2 - مواصفات مادة العازل الحراري
- 3 - مواصفات مادة التغليف

#### رابعا : مواصفات أجهزة السيطرة الميكانيكية والكهربائية

خامسا: مواصفات مضخة تدوير الهواء المستعملة في منظومة هواء الشمسية القسرية

سادسا: الوزن الكلي للمنظومة

سابعا : خواص التشغيل الرئيسية

ثامنا : سهولة الإستعمال والصيانة

تاسعا : ضمان عمر تشغيلي طويل نسبيا .

### 7 . 3 . منظومات تسخين الهواء الشمسية الطبيعية ( الحرة ، السالبة )

تعمل هذه المنظومات بتأثير تسخين الهواء بالاشعة الساقطة على الجمع الهوائي الذي يؤدي الى اختلاف كثافة الهواء مما يساعد على حدوث تيار هوائي يدفع الهواء الساخن الى الحيز المراد تدفئته بدون استعمال قوة خارجية تساعد في حركة الهواء . وقد شاع استعمال الجمع الهوائي الشمسي

المربوط مباشرة الى الحيز المطلوب تدفئته وكذلك توجد منظومات ذات تصاميم مختلفة عن التصميم التقليدي للمجمع الشمسي الهوائي وكلها تقع في مجموعة منظومات التدفئة والتهوية الطبيعية ( السلبية ) ، ومنها على سبيل المثال منظومات الجدار الحر والقمصة الشمسية والكسب المباشر والمغلف المزدوج ... الخ . وسيتم التطرق الى انواع المنظومات السلبية المستعمدة في تكييف المباني وادائها الحراري بشيء من التفصيل .

#### 7 . 4 . منظومة الجدار الحراري الحر

لقد طرحت فكرة الجدار الحراري الحر ( Trombe Wall System ) من قبل الباحثين ( Trombe & Michel ) في عام 1967 في جنوب فرنسا عندما قاما بتدفئة غرفة بواسطة الهواء الحار الناتج من جدار حراري . ومنذ ذلك الحين فقد ارتبط هذا النوع من التدفئة بأسم Trombe Wall ( System ) . ان الجدار الحراري هو أحد الوسائل المتبعة الآن في تجهيز الهواء الحار وعزل الحرارة في ساعات شروق الشمس وإعادة استعمال الحرارة المخزونة في الجدار لتدفئة الهواء في ساعات بعد غروب الشمس . وتقوم ايضا هذه المنظومة بعملية التهوية في المبنى خلال ساعات اليوم في جميع فصول السنة . ويتكون الجدار الحراري عادة من جدار خرساني أو جدار مشيد بالطوب مطلي بلون أسود داكن للسطح المقابل للشمس ويتصدره سطح شفاف عادة من الزجاج تاركا مسافة بينهما مكونا قناة طويلة تسمح بمرور الهواء فيها . وهناك فتحتان في اسفل واعلى الجدار لغرض السماح بدخول الهواء من الاسفل للتعرض للاشعاع الشمسي واكتساب الحرارة . ونتيجة لقلّة كثافة الهواء الساخن يرتفع الى الأعلى متسلقا القناة الى الفتحة العلوية . ونتيجة لوجود الاشعاع الشمسي فان حركة الهواء سوف تكون مستمرة في سحب الهواء البارد من الفتحة السفلى ووضخ الهواء ساخنا من الفتحة العليا في الحيز المراد تدفئته كما موضح في الشكل ( 7 . 7 ) . وبعد ساعات قليلة يمكن تدفئة الحيز المطلوب مع عزن كمية من الحرارة داخل الجدار نفسه . اما في ساعات غروب الشمس فان حركة الهواء في القناة تبقى مستمرة نتيجة انتقال الحرارة المخزونة من الجدار الى الهواء وتستمر هذه الحركة طالما هناك حرارة مخزونة في الجدار الحراري . يكون مكان تركيب الجدار الحراري عادة في الواجهات الجنوبية للمباني لاستقبال اكبر كمية من الاشعاع الشمسي خلال ساعات النهار .

ومن الجدير بالذكر انه يستعمل في بعض تصاميم الجدار الحراري خزاناء للماء أو أنابيب طويلة مملوءة بالماء أو التراب بدلا من الجدار الخرساني او الجدار المشيد بالطوب .

## 7. 5. تصميم منظومة الجدار الحراري الحر

كما قد اشرنا الى ان الجدار الحراري هو احد منظومات النظام السالب المستعملة في تدفئة المباني . ويوضح الشكل ( 7. 7 ) مخططا توضيحيا لتصميم وحدة متكاملة من الجدار الحراري . ويمكن دمج عدة وحدات للحصول على المساحة التجميعية لاشعة الشمس الكافية لتزويد الهواء الحار الى الحيز المطلوب لتدفئة . ويبين التصميم ايضا بان كافة مكونات الجدار الحراري يمكن الحصول عليها من المواد المتوفرة في السوق المحلية . وحسب ما ذكر في اعلاه فقد استعملت في هذا التصميم مادة الخرسانة العادية ( او يمكن استعمال مادة الخرسانة المقاومة للملاح ) سمك ( 28 - 30 سم ) لبناء الجدار الحراري ويطل على السطح اللوامة لاشعة الشمس بطلاء اسود داكن ( غير لماع ) . ويستعمل الزجاج الشفاف بسمك ( 4 - 6 ملم ) . ويفضل عادة الزجاج قليل السمك ويمتاز بدرجة نقارة عالية مما يساعد على نفاذ اكثر موجات الاشعاع الشمسي من خلاله . ويوضح التصميم كذلك وجود مسافة ( 18 - 20 سم ) بين الزجاج والجدار الخرساني مكونا قناة طويلة تسمح بمرور الهواء . ويعتمد اختيار هذه المسافة على شدة الاشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو وساعات سطوع الشمس . وتوجد في اسفل واعلى القناة فتحتان على كل جانب لدخول ومخرج الهواء منها . ويمكن التحكم بفتح وغلق وتحديد سعة هذه الفتحات بواسطة زعانف معدنية متحركة يمكنها احكام غلقها عند عدم استعمال احدى هذه الفتحات . وكذلك وضعت فتحات هوائية اعلى واسفل السطح الزجاجي لتأمين حركة الهواء خلال هذه المنظومة . وتقليل تأثير شدة الاشعاع الشمسي في موسم الصيف وتوفير التهوية المناسبة . ويوضح الشكل ( 7. 8 ) حركة الهواء في منظومة الجدار الحراري لموسمي الصيف والشتاء .

## 7. 6. البيوت الخضر ( منظومة القسحة المشمسة المضافه )

تعد البيوت الخضر ( Greenhouse or Attached Sunspace ) أحد انواع منظومات النظام الطبيعي ( السليبي ) ( Passive Systems ) المستعملة في تكييف المباني السكنية والخدمية . يوضح الشكل ( 7. 9 ) تفاصيل تصميم منظومة البيوت الاخضر الملائمة للمبنى . ويمكن تعريف البيوت الخضر بأنها حيز محاط بغلاف شفاف يعتمد على نظرية حبس اشعة الشمس الساقطة على الغلاف التي تؤدي الى رفع درجة حرارة الحيز نتيجة تراكم كميات الطاقة الحرارية المكتسبة من اشعة الشمس الساقطة على الحيز اكثر من كمية الحرارة المفقودة منه . وهذا يؤدي الى رفع درجة حرارة الحيز .



وتستمر درجة الحرارة بالارتفاع طالما كانت هناك كمية حرارة مكتسبة من أشعة الشمس الساقطة بكميات أكثر من الفقد الحراري الحاصل من البيت الأخضر الى المحيط الخارجي .

#### 7 . 6 . 1 . وصف البيوت الخضراء

أن البيت الأخضر حيز مكون بواسطة هيكل له شكل هندسي معين ومغطى بالواح زجاجية شفافة تسمى عندئذ بالبيوت الزجاجية كما في الشكل ( 7 . 10 ) . وعندما يغطى الهيكل بالرقائق أو الاغطية البلاستيكية عند ذلك تسمى بالبيوت البلاستيكية كما في الشكل ( 7 . 11 ) . وتوجد في الهيكل فتحات تهوية يمكن التحكم فيها بالفتح والغلق حسب الاحتياج ، وتستعمل للسيطرة على درجة الحرارة ومعدل التهوية المطلوبة داخل البيت .

#### 7 . 6 . 2 . نظرية أداء البيوت الخضراء

أن الغلاف الشفاف للبيت الأخضر يسمح بنفوذ جزء من الاشعة الشمسية الساقطة عليه ويمتص جزءا منها ويعكس جزءا آخر من الاشعة الشمسية الى المحيط الخارجي . وتنفذ أشعة الشمس ذات الموجات القصيرة غالبا الى حيز البيت الأخضر . وعند نفاذ اشعة الشمس الى الحيز الداخلي فانها تمتص من قبل جزئيات الهواء والنباتات والمواد والمحتويات الموجودة داخل الحيز . وتحول هذه الاشعة مباشرة الى طاقة حرارية كامنة فيها وتؤدي الى ارتفاع درجة حرارتها . وتمتاز هذه الحرارة بطول موجاتها مما لا تساعد على فقدانها الى المحيط الخارجي من خلال الغلاف الشفاف . وتزداد درجة حرارة الحيز نتيجة الكسب الحراري من أشعة الشمس المباشرة أكثر من الفقد الحراري المعاكس الى خارج الحيز . وعند معرفة معدل الاشعاع الشمسي النافذ داخل حيز البيت الأخضر مضروبا بالمساحة الافقية للاشعاع الشمسي النافذ خلال تلك الفترة نحصل على كمية الطاقة الحرارية المكتسبة . أن درجة حرارة فراغ البيت الأخضر تستمر في الارتفاع طالما كانت هناك كمية كافية من أشعة الشمس أكثر من قيمة الفقد الحراري . ويمكن السيطرة على درجة حرارة الحيز عن طريق التحكم بفتحات التهوية التي تعتمد على عوامل كثيرة من أهمها :-

1- درجة حرارة الهواء الخارجي

2- معدل شدة الاشعاع الشمسي الساقط

3- سرعة الرياح

- 4- الخواص الفيزيائية للغلاف الشفاف
- 5- تصميم هيكل البيت
- 6- تصميم الجدار الملاصق
- 7- مكان تركيب البيت
- 8- المواد والمحتويات المستعملة داخل البيت
- 9- منظومة الري ونوع المزروعات
- 10- الموقع الجغرافي

### 7 . 6 . 3 . أستعمالات البيوت الحضر

تمتاز البيوت الحضر بإمكانية توفير جو طبيعي وكذلك سهولة التحكم بالمحيط الداخلي لها مما يساعد على الاستفادة منها في تطبيقات متعددة الأغراض .  
ومن أهم التطبيقات الشائعة هي :-

#### 1 - الزراعة

يصلح لزراعة مختلف النباتات لتحصيل منتجات زراعية ذات جودة عالية وخاصة في غير مواسمها مع زيادة انتاج المحصول الزراعي في وقت مبكر .

#### 2 - تدفئة المباني

شاع استعمال البيوت الحضر في تصاميم مختلفة لغرض تدفئة جزء من المبنى الملاصق للبيت الأخضر كما في الشكل ( 9 . 7 ) .

#### 3 - تهوية المباني

تستعمل البيوت الحضر ايضا في توليد عملية التهوية من المبنى الى الخارج وذلك عن طريق طرد جزء من الحرارة بواسطة تيارات الهواء الحاصلة نتيجة اختلاف درجات الحرارة كما في الشكل ( 9 . 7 ) .

#### 4 - تجفيف المحاصيل الزراعية

تستعمل البيوت الخضر في تجفيف بعض المحاصيل الزراعية للمحافظة على القيمة الغذائية والجودة والنظافة .

#### 5 - تربية الاسماك وبعض الاحياء المائية

تستعمل البيوت الخضر في تربية اسماك الزينة وتربية بعض الاحياء المائية وأحشاء الثعالب عليها بسبب سهولة السيطرة على المحيط الداخلي للبيوت الخضر وامكانية توفير بيئة طبيعية لمثل هذا النوع من الاحياء كما في الشكل ( 7 . 11 ) .

#### 7 . 6 . 4 . تصاميم البيوت الخضر

كما ذكرنا سابقا فإن البيوت الخضر تقسم الى قسمين حسب نوع المادة الشفافة المستعملة في تغطية الهياكل وهي :-

#### 1 - البيوت البلاستيكية

يمكن وصف تصميم هيكل البيوت البلاستيكية الشائعة الاستعمال في أغلب مناطق العالم بانها ذات شكل نصف أسطواني . ويتكون هذا الهيكل من مجموعة أقواس انبوية معدنية بابعاد محددة موصلة مع بعضها بواسطة توصيلات انبوية من نفس مادة الأقواس ومثبتة مع بعضها البعض بواسطة اسلاك معدنية تمتد على طول وعرض البيت . وهناك فتحات تهوية موزعة على السطح الطولي للبيت وأبواب متحركة في النهايات كما هو موضح في الشكل ( 7 . 11 ) . وقد انتشر استخدام هذا التصميم لسهولة الاستعمال والتركيب من قبل الفلاحين والمزارعين وتوفر المعامل المصنعة للأنابيب وللرمودات الاقتصادية الجيدة الناتجة من استخدام البيوت الخضر . وهناك تصاميم أخرى شاع استعمالها في مناطق عديدة من العالم ومنها على سبيل المثال استعمال البيوت المكعبة والطولية التي تستعمل في مناطق من اسبانيا وذلك لمقاومتها للرياح وتوفر المواد المستعملة في بناء البيت عمليا . ويتكون البيت من اعمدة خشبية مقطوعة من الاشجار المزروعة في هذه المناطق ، ويثبت الهيكل

الخشبي بالأرض بواسطة الحبال الجانبية المربوطة بالأوتاد ، ثم يغلف الهيكل الخشبي بالغطية البلاستيكية . تستعمل البيوت البلاستيكية غالبا في إنتاج المحاصيل الزراعية .

## 2 - البيوت الزجاجية

لقد شاع استعمال البيوت الزجاجية المتنوعة في تطبيقين رئيسيين وهما الانتاج الزراعي وتدفئة المباني . وسوف نصف بعض تصاميم البيوت الزجاجية الشائعة الاستعمال ثم نتطرق لاحقا الى وصف بقية أنواع التصميم المستعملة .

يتكون هيكل البيوت الزجاجية الشائعة الاستعمال في الزراعة من أعمدة رئيسية موصلة مع بعضها بتقاطع عمودية وافقية تتركب عليها الألواح الزجاجية مكونة الجدران الخارجية للهيكل . أما السقف فيتكون من سلسلة سطوح مائلة على شكل مثلثات مصفوفة على هيئة أسنان المنشار . ويوجد في الجوانب والسقوف شبابيك متحركة يمكن بواسطتها السيطرة على درجة الحرارة ونسبة الرطوبة وكذلك توجد أبواب على الجدران من الجهات الأربعة لتأمين الخدمات .

أما تصاميم البيوت الخضر الزجاجية التي سيتم شرحها الان فقد أستعملت في تدفئة المباني وتوفير الجو الطبيعي لهذا الحيز بالإضافة الى أستعمالها كأداة لتوفير التعتة في ممارسة أعمال الزراعة والديكور الداخلي . وقد أستعملت تصاميم مختلفة للبيوت الخضر ملاصقة للمبنى لغرض الاستفادة من الحرارة المتولدة وانتقالها عبر الجدار الملاصق الى داخل المبنى . وأستعملت تقنيات عديدة كان هدفها الأساسي كسب الحرارة من أشعة الشمس ومحاولة نقلها الى المبنى أو تخزينها لاستعمالها في الاوقات المطلوبة أو لساعات مابعد غروب الشمس .

يمكن وصف مكونات تصاميم البيوت الزجاجية الشائعة الاستعمال في هذا المجال بمايلي :

يتكون البيت الزجاجي من هيكل خارجي معدني أو خشبي على شكل قوس كما في الشكل ( 7 . 12 ) أو من سطح مستوي كما في الشكل ( 7 . 10 ) مغطى بالواح زجاجية . وتوجد في الهيكل فتحات تهوية وباب للاستعمال والخدمات . ويركب البيت الزجاجي ملاصقا للمبنى من جهة الجنوب غالبا ، ويطلق عليه البيت الزجاجي الملاصق للمبنى ، والغرض من استعمال حائط التلاصق لانتقال الحرارة خلاله من البيت الزجاجي الى داخل المبنى . وتوجد في هذا الجدار غالبا فتحتان عليا وسفلى تسمح الفتحة العليا بدخول الهواء الحار من البيت الزجاجي الى داخل المبنى ويسحب الهواء البارد من المبنى الى البيت الزجاجي من خلال الفتحة السفلى . وتشكل هاتان الفتحتان حركة الهواء

الحار والتهوية من وإلى البيت الزجاجي . ويمكن اضافة البيت الزجاجي الى المباني المشيدة سابقا عندما تتوفر العوامل الاساسية من المكان والجدوى الاقتصادية . وكذلك يمكن التخطيط لاستخدام البيوت الزجاجية عند وضع التصميم المعماري والحرارية للمباني الجديدة . وفي هذه الحالة يعطى اهتمام خاص لتصميم الجدران الملاصقة للبيوت الخضر التي تقوم بوظائف كسب ونقل وعزل الحرارة المكتسبة من أشعة الشمس في حيز البيت الزجاجي .

#### 7 . 6 . 5 . موقع تركيب البيوت الخضر بالنسبة للمباني

تركب البيوت الخضر الملاصقة للمباني ( Attached Greenhouse ) لتجميع اكبر كمية من الاشعاع الشمسي خلال الأشهر الباردة والتي تبدأ من شهر أيلول ( سبتمبر ) الى شهر نيسان ( ابريل ) وتأمين التهوية في الأشهر الاخرى . ويلاحظ عند تركيب البيوت الخضر الملاصقة بأن ارتفاع المبنى سوف يولد ظللا تقلل من كمية الاشعاع الشمسي الساقط عليها خلال ساعات النهار مما يؤثر على أداء البيت الاخضر . وكذلك يلاحظ الألوان الفاتحة التي تشع اكبر كمية من الاشعاع الشمسي الساقط عليها . ويركب البيت الاخضر في الجهة الجنوبية او مائل بزاوية عن الاتجاه الجنوبي ويلاحظ وجود عوامل توليد الظلال . ويمكن تركيب البيت الاخضر الملاصق للمبنى المواجه بزاوية أقل من 45 درجة نحو الجنوب الشرقي أو أكثر من 45 درجة نحو الجنوب الغربي . ويمكن ايضا ان تركيب البيوت الخضر الملاصقة للمبنى من جهتين الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية عندما يكون المبنى موجهها بزاوية 45 درجة عن الاتجاه الشمالي كما في الشكل ( 7 . 13 ) .

#### 7 . 6 . 6 . تصاميم البيوت الخضر الملاصقة للمباني

لقد تم التطرق الى شرح تصاميم البيوت الخضر المستعملة لاغراض متعددة ، وهنا سوف نسلط الضوء على تصاميم البيوت الخضر الملاصقة المستعملة في تدفئة وتهوية المباني المختلفة . لقد أحاد المهندسون المعماريون استعمال أحد اشكال البيوت الخضر في تناغم فني عند وضع التصميم المعماري للمباني . ان استعمال البيت الاخضر يعطى جمالية وحركة معمارية متميزة للمبنى .

وكما أشرنا سابقا فان أشكال البيوت الخضر الملاصقة المستعملة في تكييف المباني تكون على الاشكال الشائعة التالية :-

## 1 - البيوت الخضر الملاصقة ذات السقف المقوس

تتكون من هيكل معدني أو خشبي ذي جدران مستوية وسقف مقوس مغلف بالواح زجاجية أو بلاستيكية شفافة ، وتوجد فيه فتحات للتهوية وباب للخدمات وتثبت على الهيكل ستائر يمكن بواسطتها التحكم من خلالها بشدة وكمية الاشعاع الشمسي الساقط كما في الشكل ( 7 . 12 ) . يركب البيت ملاصقا للمبنى على جهة أو جهتين متعامدتين يعتمد على موقعه في تصميم المبنى . ويعمل الجدار او الجدران الملاصقة المركب عليها البيت الاخضر بوظيفة امتصاص الاشعاع الشمسي ونقل قسم من الحرارة المكسبة وتخزين القسم الاخر للاستعمال الى ساعات ما بعد غروب الشمس . يبنى هذا الجدار غالبا من مواد البناء التقليدية بأستعمال احد أنواع الحجر أو الطوب الاسمنتي . وهناك تصاميم متنوعة عديدة أستعملت فيها براميل معدنية أو خزانات أو أنابيب بلاستيكية في تشكيل الجدران الملاصقة لتحقيق الغاية المرجود بالاضافة الى الجمالية والديكور الداخلي كما في الشكل ( 7 . 14 ) .

## 2 - البيوت الخضر ذات السطح أو السطوح المائلة

لايوجد اختلاف في تصميم هيكل هذه البيوت عن سابقتها سوى في تصميم السقف ، حيث يتكون من سطح مستوي مائل او أكثر كما في الشكل ( 7 . 11 ) .

## 3 - البيوت الخضر شبه المدفونة الملاصقة للمباني

في بعض المناطق الجغرافية من العالم يفضل استعمال البيوت الخضر شبه المدفونة الملاصقة للمباني ( Attached Semi-pit Greenhouse ) وذلك لتأمين البرودة والرطوبة المطلوبة المكسبة من عمق الارض . ويمكن ان يكون البيت الاخضر مدفونا تحت مستوى سطح الارض بمسافة نصفه او أكثر في بعض الاحيان كما في الشكل ( 7 . 15 ) .

## 4 - البيوت الخضر المدفونة الملاصقة للمباني

مثلا تكلمنا عن البيوت الخضر شبه المدفونة ، يمكن استعمال البيوت الخضر المدفونة كليا تحت سطح الارض ( Attached Pit Greenhouse ) حيث يبقى السقف المائل الشفاف ظاهرا للعيان كما في الشكل ( 7 . 16 ) .

كذلك توجد تصاميم معمارية اخرى متنوعة شائعة استعملت في تصميم البيوت الخضر الملاصقة كجزء من المبنى أو مضافا اليه كما في الشكل ( 7 . 17 ) . وكذلك توجد تصاميم معمارية فردية للمباني التي أستعملت فيها البيوت الخضر حسب الرغبة الشخصية للمالك والحاجة في استعمال المباني .

#### 6 . 6 . 7 . استعمال البيوت الخضر في المباني المشيدة سابقا

حسب ماتم الحديث عن وصف البيوت الخضر وبساطة التقنية المستعملة ومكان التركيب والعوامل المؤثرة عليها فان من الممكن إضافة التصميم الملائم للبيت الاخضر الى اي مبنى سواء كان مشيدا قديما أو حديثا بما يتلائم مع متطلبات تجميع الطاقة الشمسية عندما تتوفر المساحة الكافية لتركيبه والحيز المراد تدفئته من المبنى . أن تركيب البيوت الخضر في اي مبنى يتم بعد دراسة واقع المبنى والمساحات المتوفرة لتحقيق الغاية المرجوة منه . أن إضافة البيت الاخضر الى اي مبنى لا يتطلب تغييرات مدنية للمبنى وسوف لا يؤثر على المظهر المعماري للمبنى اذا أحسن اختيار التصميم الملائم للبيت الاخضر بحيث يتماشى مع المظهر المعماري للمبنى . أن تركيب البيت الاخضر سوف يضيف جمالية وراحة للساكين والتقليل من تكلفة الطاقة المصروفة للتكييف .

#### 7 . 6 . 8 . استعمال البيوت الخضر في المباني التي تشهد مستقبلا

حسب ماتم ذكره في اعلاه ، فان استعمال البيوت الخضر في تكييف المباني يعتبر احد الوسائل المتاحة لدى المختصين في استغلال أحد مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة والمتشعبة باستعمال تقنية التحويل الحراري للطاقة الشمسية لتغطية جزء مهم من احتياج الطاقة للاغراض المنزلية والخدمية . لقد أعطى استعمال البيوت الخضر مردودات اقتصادية وساهم في تقليل جزء لا بأس به من تكاليف الطاقة والمشاكل الناتجة عن استعمال أجهزة الطاقة التقليدية ، بالإضافة الى اعتبار هذه التقنية إحدى الوسائل التي تساهم في المحافظة على سلامة البيئة وتوفير الجو الطبيعي للساكين . ومن هذه الاعتبارات بات على المصممين اعتماد البيوت الخضر كجزء مهم من اجزاء المبنى واعتباره مصدر طاقة فعال يؤخذ بعين الاعتبار في سد جزء من حاجة الطاقة الكلية للمبنى . أن استعمال البيوت الخضر كأحدى التقنيات البسيطة لا تحتاج الى متخصصين لتركيبها واستعمالها . أن مجال التطور المتوقع في البيوت الخضر محدود ولا يتعدى تصميم الهيكل ونفاذية الغلاف الشفاف ومكان التركيب بالنسبة للمبنى

والاتجاه الجغرافي . ويعتبر الجدار الملاصق من أهم العناصر الرئيسية التي تساهم مساهمة فعالة في زيادة كفاءة أداء البيت الإحضر من ناحية اكتساب الحرارة من اشعة الشمس ونقلها وتخزينها . ويمكن استعمال البيوت الخضراء وهي ملحقة بقاعة مطعم أو غرفة مطلة على حديقة كبيرة أو دار استراحة أو ورشات العمل وتستعمل كذلك في تغليف مداخل المباني والحدائق الداخلية في المناطق الباردة خصوصا . ويمكن أيضا استعمال البيوت الخضراء في مباني دور الحضنة ورياض الأطفال والمدارس ودور المسنين والعجزة والمنشآت الرياضية والمستشفيات ودور النقاغة والمشاريع السكنية والخدمية المختلفة . ومن الجدير بالذكر ان هذا النوع من المنظومات يمكن اضافته الى أي مبنى دون الحاجة الى اجراء أي تغيرات مدنية أو معمارية عند توفر بعض الظروف ومنها .

- 1 . توفر المساحة الكافية
- 2 . الواحه الجنوبية تكون حرة
- 3 . عدم وجود عوائق طبيعية أو اصطناعية امام الواحه الجنوبية

ويمكن أن نستنتج الفوائد الرئيسية عند استعمال البيوت الخضراء في تكييف المباني بما يلي :-

- 1 - إضافة جمالية وحركة معمارية لتصميم المبنى
- 2 - توفير طاقة نظيفة
- 3 - تقليل مصاريف الطاقة التقليدية
- 4 - تساهم في سلامة البيئة
- 5 - توفير فرص الاستمتاع بأعمال الزراعة والديكور وممارسة الرياضة داخل المبنى
- 6 - توفير الراحة النفسية للسكان
- 7 - يمكن إنتاج بعض المحاصيل الزراعية للاستهلاك المنزلي في أوقات مبكرة
- 8 - إضافة معلومات تقنية جديدة الى خبرة المجتمع

## 7 . 7 . منظومة الكسب المباشر لاشعة الشمس

هي إحدى أنواع منظومات النظام السلبي التي شاع استخدامها في التدفئة المباشرة للحرارة المطلوب رفع درجة حرارته بواسطة اشعة الشمس ( Direct Solar Gain ) . وتعمل هذه المنظومة على استغلال مباشر لاشعة الشمس النافذة خلال سقف زجاجي أو جدار زجاجي



يساعد على حبس اشعة الشمس النافذة خلاله وبالتالي يساعد على رفع درجة حرارة الحيز بعد فترة زمنية . وتتكون هذه المنظومات من فسحة زجاجية في سقف او واجهات المبنى كافية لاستقبال اشعة الشمس لتدفئة الحيز الداخلي بصورة مباشرة كما هو موضح في الشكل ( 7 . 18 ) . وتتميز هذه المنظومة ببساطة التصميم والانشاء وهي تحتاج عادة الى مساحة كافية في سقف او واجهات المبنى لاستقبال اشعة الشمس بعيدا عن تأثيرات الظلال الناتجة من المباني المجاورة خلال ساعات النهار . ويمكن استعمال بعض تصاميم المظلال الخارجية او الداخلية عند عدم الحاجة لاشعة الشمس . ويستعمل مثل هذه المنظومات في قاعات اللعب والمكبات والساحب المغلقة والمعامل والورش الصغيرة .

## 7 . 8 . منظومة بركة الماء الشمسية السقفية

تستعمل منظومة بركة الماء الشمسية السقفية ( Solar Water Roof Pond System ) في المباني الصغيرة في المناطق المعتدلة المناخ . وتعمل هذه المنظومة على الكسب المباشر لاشعة الشمس وتخزينها في الماء . وتوضع هذه المنظومة عادة على سطح المبنى المتكون من بركة ماء على شكل حوض معدني او خرساني بعمق معين وتمتد على مساحة سطح المبنى وملء بالماء ويكون السطح الداخلي للحوض مغليا بلون اسود غامق غير لامع . ويستعمل نوع من انواع العازل الحراري كغطاء متحرك يمكن بواسطته تغطية سطح البركة عند اوقات الليل والنهار في فصلي الصيف والشتاء كما هو مبين في الشكل ( 7 . 19 ) . يتم كشف البركة الشمسية لاستقبال اشعة الشمس خلال ساعات النهار وتتم عملية كسب وتخزين الحرارة بالماء وانتقالها الى الحيز لغرض التدفئة . وبعد ساعات غروب الشمس تتم تغطية سطح البركة بواسطة العازل الحراري للاستفادة من الحرارة المخزونة في الماء للانتقال الى الحيز الداخلي للمبنى . وهذه العملية تتم في فصل الشتاء اما في فصل الصيف فيتم استعمال البركة الشمسية كوسيلة تبريد حيث يتم تغطية سطح البركة بالعازل الحراري اثناء النهار ويتم كشفها اثناء الليل لحدوث عملية التبريد وفقدان الحرارة المتصلة من داخل حيز المبنى . وتستعمل هذه المنظومة في مبني مكون من طابق واحد وفي المناطق المعتدلة والنايئة مثل نقاط الحدود ومحطات جمع المعلومات ... الخ .

## 7 . 9 . منظومة البناء المثلث المزدوج

تتميز هذه المنظومة ( Double Envelope Building ) إحدى أنواع منظومات الكسب المباشر لاشعة الشمس . ويوضح الشكل ( 7 . 20 ) مبنى مغطى بغلاف من الجهة الشمالية والجنوبية والسقف والارضيه ويشكل الزجاج الجزء الاكبر من الواجهة الجنوبية للغلاف . ويتم كسب اشعة الشمس المباشرة بواسطة الهواء الذي يدور بين الغلاف والمبنى وتنتقل الحرارة من الهواء خلال حدران المبنى الى الحيز الداخلي . ويتطلب استعمال مروحة دفع الهواء في اعلى الغلاف لتدوير الهواء بين السقف والجدران والارضيه . ومن عيوب هذه المنظومة كونها خطيرة من ناحية حوادث الحريق وتساعد على تكاثر الحشرات والطفيليات الضارة .

## 7 . 10 . الجمع بين المنظومات السالبة والموجبة

ومن الجدير بالذكر يمكن تكرار استعمال المنظومة السالبة او الموجبة وكذلك يمكن الجمع بين المنظومات السالبة والموجبة المختلفة المستعملة في المباني لكسب كمية الحرارة المطلوبة وتوفير التهوية الملائمة او التنويع في استعمال هذه المنظومات لتحقيق المظهر الجمالي للمبنى ، كما في الشكل ( 5 . 10 ) .

ويتوقع ان تشهد المنظومات السالبة مستقبلا يتحقق فيه تطور ملموس في الجوانب الميكانيكية والعمارية وربما يتعدى ذلك الى ابتكار منظومات جديدة تشارك في توفير الطاقة اللازمة لتكييف المباني .

## 7 . 11 . العوامل المؤثرة على تركيب منظومات تسخين الهواء الشمسية

تم التطرق سابقا الى العوامل المؤثرة على تركيب منظومات تسخين الماء الشمسية بشيء من التفصيل وهذه العوامل تنطبق كليا على منظومات تسخين الهواء الشمسية القمرية والطبيعية على حد سواء . ولا تختلف في اساسياتها عند تركيب منظومات شمسية ذات سطوح تجمع لاشعة الشمس .

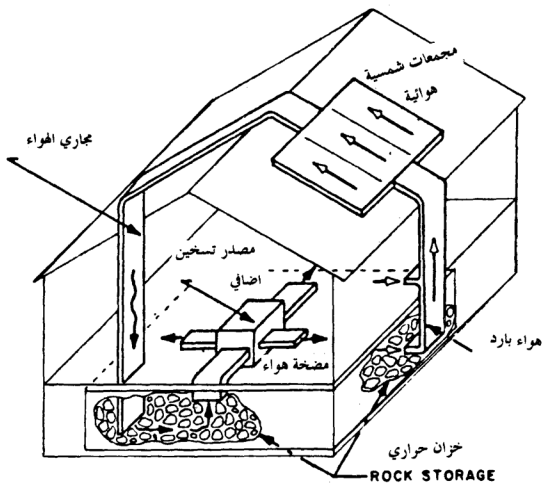
من الطبيعي ان يؤخذ بعين الاعتبار الموقع الجغرافي لتركيب المنظومة والابتعاد عن مسببات توليد الظل خلال ساعات النهار ومعالجة تيارات الهواء الباردة وسهولة الوصول الى المنظومة كلها عوامل مشتركة تدخل بصورة مباشرة في زيادة كفاءة الاداء الحراري للمنظومة المستخدمة . وهناك

عوامل اخرى تساعد على زيادة اداء المنظومة : منها المحافظة على تسرب الهواء من شبكة التوزيع وتغيير منقيات الهواء المستعملة في فترات محددة وكذلك التركيز على نوعية الهواء الخارجي الداخلى الى المنظومة ومدى تأثير مسببات تلوث البيئة عليه وعدم تركيب فتحات سحب الهواء الخارجي قريبا من مصدر ملوث او مصدر اصوات غير مرغوبة .

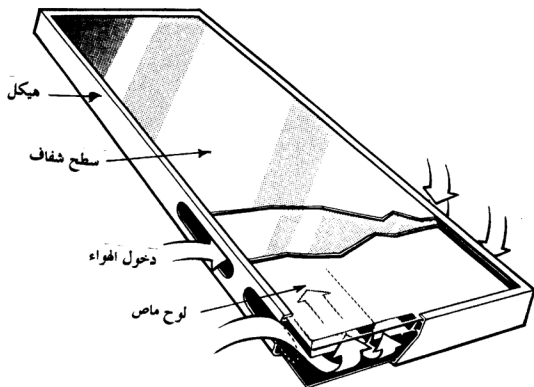
## 7 . 12 . مقارنة بين المنظومات الشمسية لتسخين الهواء وتسخين الماء

ان لمنظومات تسخين الهواء الشمسية بعض المزايا مقارنة بمنظومات تسخين الماء . من هذه المزايا عدم تأثرها بانخفاض درجات الحرارة الى حد الانجماد والارتفاع الزائد للحرارة الى حد الغليان . وعدم حدوث حالات التسرب والتآكل التي تحدث عادة في منظومات تسخين الماء ويمكن معالجة حالات تسرب الهواء بسهولة تامة . ومن اهم عيوبها انها تحتاج الى مروحة هواء دافعة ذات قدرة عالية للتغلب على مقاومة الاحتكاك الحاصلة بين الهواء وشبكة مجاري توزيع الهواء . بالاضافة الى الحاجة الى حجم كاف لغرض مد شبكة مجاري توزيع الهواء وحجم كبير نوعا لغرض بناء الخزان الحراري . ويحدث غالبا صوت عال عند استعمال منظومات تسخين الهواء الشمسية القسرية بسبب تشغيل المروحة الدافعة وحركة الهواء في شبكة مجاري التوزيع . وتكون هذه المنظومات ذات كفاءة اداء اقل من منظومات تسخين الماء وذلك لقلة السعة الحرارية للهواء مما يسبب قلة كسب الحرارة من المجموع الشمسي وحدثت ظاهرة التدرج الحراري في طبقات المادة الخازنة للحرارة في الخزان الحراري للهواء . وتجاهه منظومات تسخين الهواء المتنوعة مشاكل معمارية ومدنية عند تركيبها في المباني المشيدة ولكن لا توجد مثل هذه المشاكل عند تركيب منظومات تسخين الماء المتنوعة في المباني المختلفة . اما مزايا منظومات تسخين الماء الشمسية التي تستعمل الماء كمادة ناقلة للحرارة بين اجزاء المنظومة من المجموع الشمسي خلال الانابيب الى الخزان الحراري المعزول لحزن الماء الحار ، فيمكن تركيبها بسهولة جدا في المباني وكذلك ربطها الى منظومات التكييف المركزية والسخان المنزلي الكهربائي التقليدي . وتحتاج الى مضخة ماء ذات قدرة قليلة بالاضافة الى استعمال انابيب الماء التقليدية وسهولة تمديد الانابيب المعزولة بين اجزاء المنظومة وسهولة التركيب وعدم تعارضها مع الطابع المعماري للمبنى المستعملة فيه . ومن اهم عيوبها هي امكانية حدوث حالات من الانجماد والغليان والتسرب

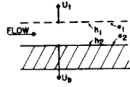
والصدأ والتكلس التي تحدث في الاحزاء كما انها غالية التكاليف مقارنة بمنظومة تسخين الهواء الشمسية . ولا تحتاج الى مكان واسع لتركيبها في المبنى . ولم يتم انتاج مجمعات تسخين الهواء الشمسية لفرض التسويق التجاري بصورة واسعة كما حدث ذلك في انتاج مجمعات تسخين الماء الشمسية . واما المنظومات المسالبة التسيى ذكرت في اعلاه ، لم تكن هي الاخرى على مستوى الانتاج الكمي لعدم تحديدها بالمواصفات القياسية بل يتحكم فيها نوع وحجم وغاية ومكان استعمال المنظومة في المبنى .



شكل ( 1 . 7 ) منظومة تسخين الهواء الشمسية القسرية



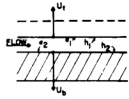
شكل ( 2 . 7 ) مجمع شمسي هوائي



$$U_L = \frac{U_1 + U_2}{1 + \frac{(U_1 + U_2)h_2}{h_1h_2 + h_1h_2 + h_1h_2}}$$

$$F' = \frac{1}{1 + \frac{h_2U_1}{h_1h_1 + h_1h_2 + h_1h_2 + h_1h_2}}$$

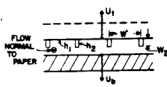
$$h_v = \frac{\sigma(T_1^2 + T_2^2)(T_1 + T_2)}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} - 1}$$



$$U_L = U_1 + U_2$$

$$F' = \frac{1}{1 + \frac{U_1}{h_1 + \frac{1}{h_2 + \frac{1}{h_1}}}}$$

$$h_v = \text{same as (d)}$$

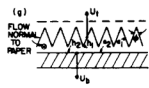


$$F'_0 = F' \text{ of (a)}$$

$$F' = F'_0 \left[ 1 + \frac{1 - F'_0}{F'_0 + \frac{Wh_1}{F_p} + \frac{Wh_2}{F_p}} \right]$$

$$F_p = \text{fin efficiency of plate}$$

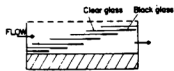
$$F_f = \text{fin efficiency of fin}$$



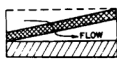
$$U_L = U_1 + U_2$$

$$U_2 \text{ is based on projected area}$$

$$F' = \text{same as (a) with } h_1 \text{ replaced by } h_1 / \sin \theta_2$$

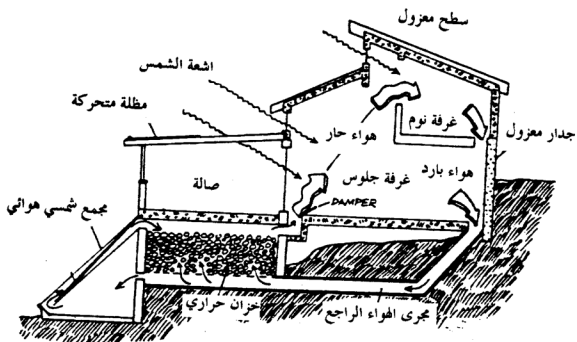


See Selcuk (1971)



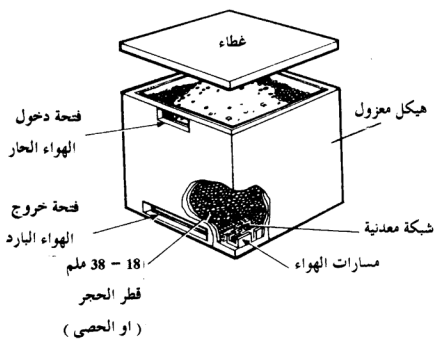
See Hamid & Beckman (1971)

شكل ( 3 . 7 ) بعض تصاميم المجمعات الشمسية لتسخين الهواء

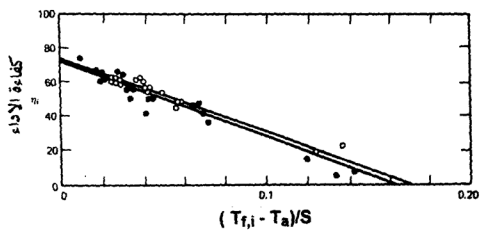


شكل ( 4 . 7 ) استعمال مباشر للمجمع الشمسي الهوائي في تدفئة المبنى

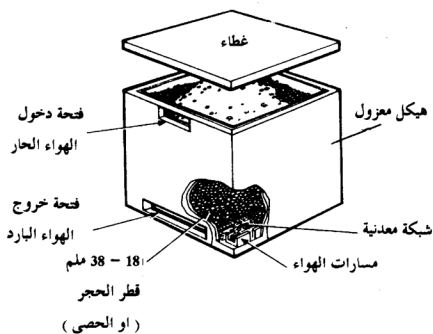




شكل ( 5 . 7 ) خزان حراري هوائي

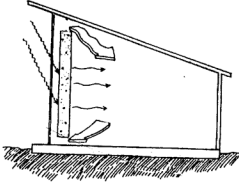


شكل ( 6 . 7 ) العلاقة بين كفاءة الاداء و  $(T_{f,i} - T_a)/S$



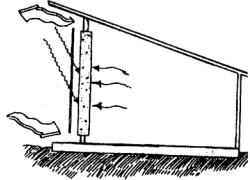
شكل ( 5 . 7 ) خزان حراري هوائي

شتاء

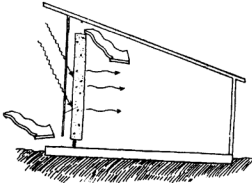


تدفئة

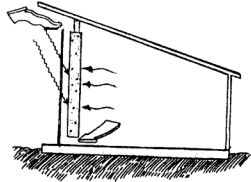
صيفاً



تهوية

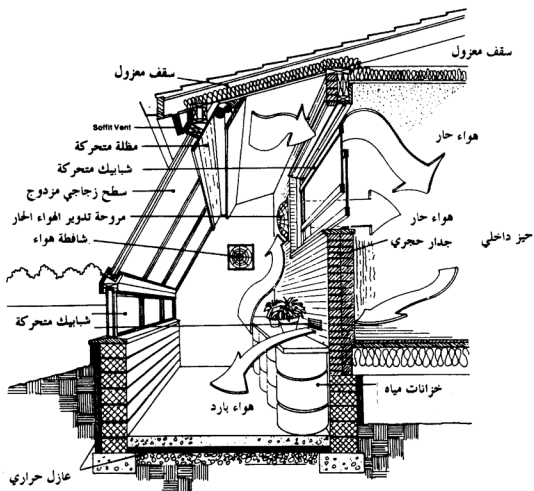


تدفئة

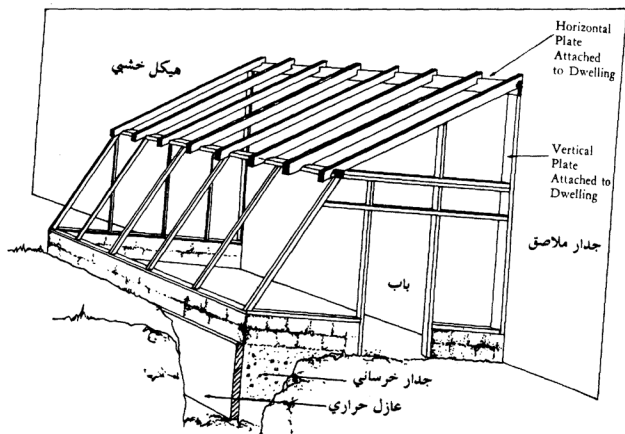


تهوية

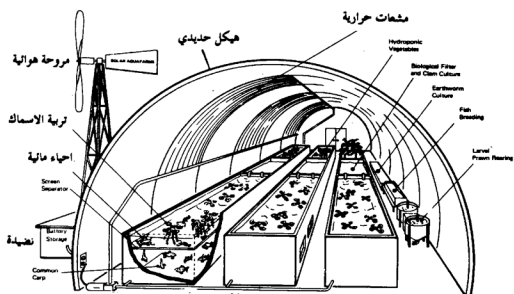
شكل ( 8 . 7 ) حركة الهواء في منظومة الجدار الحاراري لموسمي الصيف والشتاء



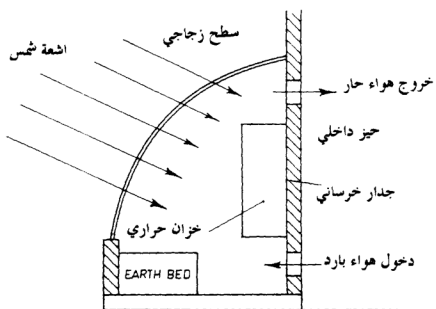
شكل ( 9 . 7 ) منظومة البيت الاخضر الملاصقة للمبنى



شکل ( 7 . 10 ) بيت زجاجي

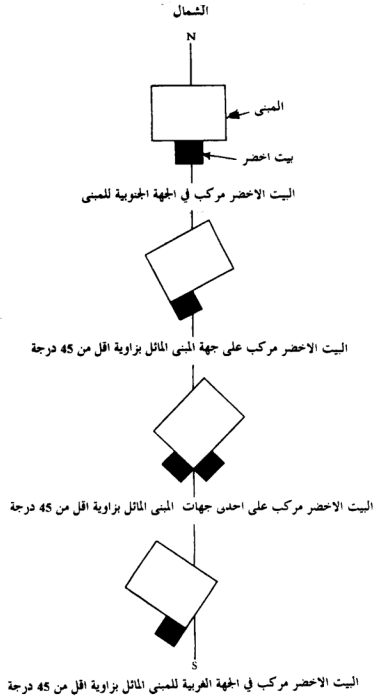


شكل ( 11 . 7 ) بيت بلاستيكي

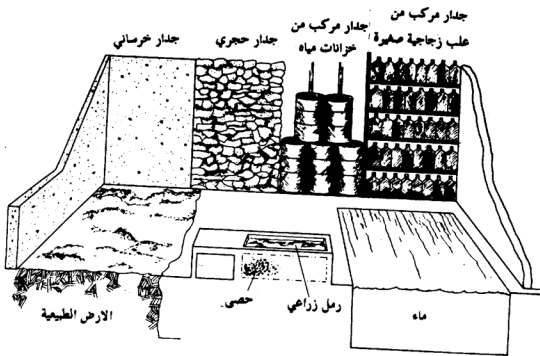


شكل ( 7 . 12 ) بيت زجاجي على شكل قوس

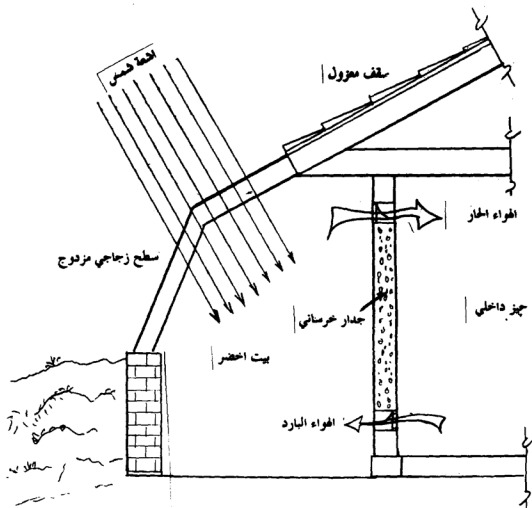




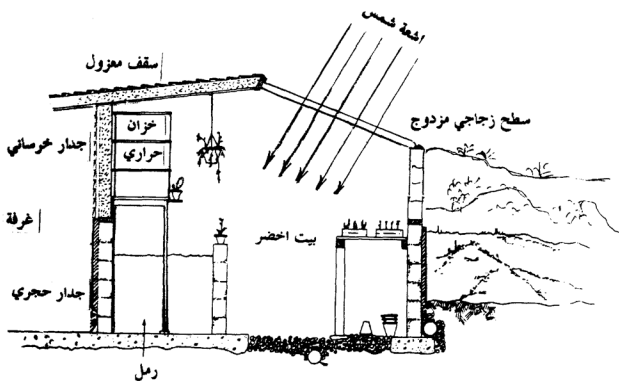
شكل ( 7 . 13 ) موقع تركيب البيت الاخضر بالنسبة للمباني



شكل ( 7 . 14 ) تصاميم متنوعة للجدار الملاصق



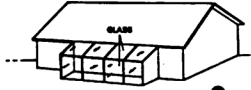
شكل ( 7 . 15 ) بيت اخضر شبه مدفون ملاصق للمبنى



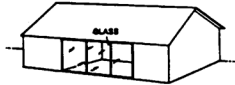
شكل ( 7 . 16 ) بيت اخضر مدفون ملاصق للمبنى



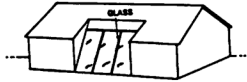
1



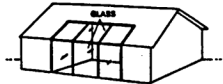
2



3

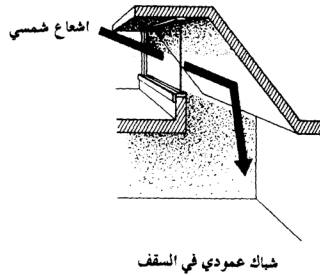
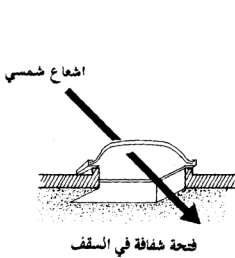
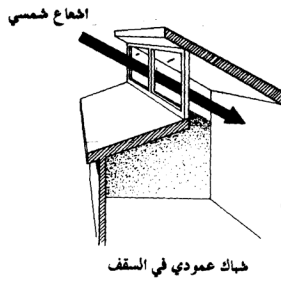
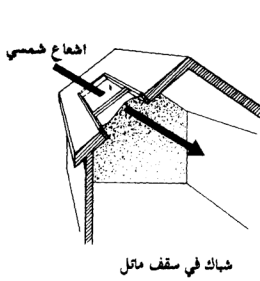


4

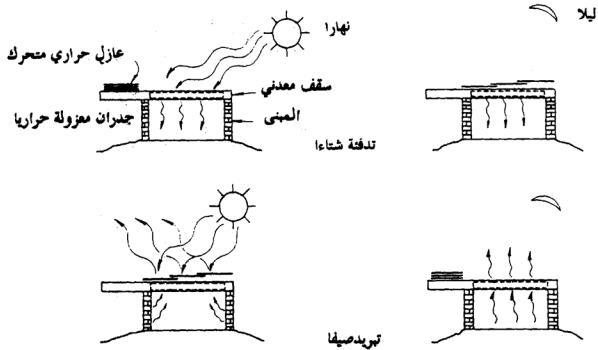


5

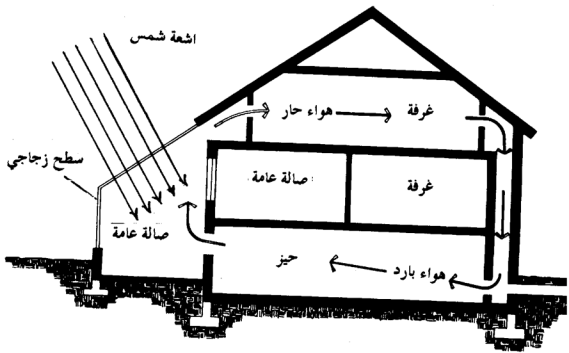
شكل ( 7 . 17 ) استعمال بعض تصاميم البيوت الخضراء في المباني



شكل ( 7. 18 ) بعض تصاميم منظومات الكسب المباشر لاشعة الشمس



شكل ( 7. 19 ) منظومة بركة ماء الشمسية



شكل ( 7 . 20 ) منظومة البناء المغلق المزدوج



## الفصل الثامن

### عناصر التصميم المعماري

ان عناصر التصميم المعماري الخارجية للمبنى المتمثلة في اختيار مواد البناء والتشطيبات النهائية والالوان وتوزيع وتحديد مساحة الشبايك وتصاميم المظلات الخارجية وزراعة المساحات المحيطة وعناصر التصميم المعماري الطبيعي الداخلية للمبنى المتمثلة في اختيار مفردات الديكور الداخلي من مواد والوان واثاث وانارة ونباتات زينة والعوامل المساعدة الاخرى... الخ ، لها تاثير فعال على متطلبات حاجة المبنى لطاقة التكيف من ناحية وتوفير الجو الطبيعي للساكين من ناحية اخرى . ويمكن التطرق الى اهم العناصر :

#### 8 . 1 . توزيع الفراغات داخل المبنى

ان الاختيار الملائم لتوزيع الفراغات داخل المبنى من غرف النوم ومرافق خدمية وصالات جلوس ومطاعم له علاقة مباشرة في توفير مستوى الانارة ومعدل التهوية المطلوبة على مجموع الطاقة الكلية المستهلكة في التكيف والانارة . وعندما يكون هذا التوزيع ملائما ، يمكن الاستفادة من الحرارة المتولدة في بعض الفراغات وانتقالها الى الفراغات المجاورة ، وهذا سوف يساهم في توفير الجو الطبيعي داخل المبنى ويقلل استهلاك الطاقة المصروفة على التكيف كما في الشكل ( 8 . 1 ) .

#### 8 . 2 . اختيار مساحة ونوع الشبايك

تستعمل الشبايك ( النوافذ ) عادة لاجراض الانارة والتهوية في المباني وتقع الشبايك عادة في الواجهات الجنوبية لاستقبال اشعة الشمس لاجراض التدفئة للمباشرة كما هو موضح في الشكل ( 8 . 2 ) . اخذ تصميم وطريقة بناء الشبايك طابعا معماريا مميزا في المباني كلا حسب الموقع الجغرافي . وقد اصبحت هذه التصاميم وطرق البناء من الثوابت الهندسية المستعملة في المباني وتختلف بطبيعتها من منطقة الى اخرى . وحدث تطور صناعي في صناعة الشبايك بحيث تتحقق الغاية للراحة من استعمالها وملائمتها للظروف المختلفة . وقد استعملت في صناعة الشبايك مادة الالومنيوم والبلاستيك المقوى لمنع حدوث تسرب للهواء واستعمال لوحات زجاجية منفردة في المناطق المعتدلة او

مزدوجة في المناطق الباردة . وهناك برامج جاهزة لحساب مساحة الشبايك مع تحديد نوع المظلات المستعملة .

### 8 . 3 . اختيار تصاميم المظلات

منذ قديم الزمان استحدثت طرق عديدة ومتنوعة لتحقيق نسبة الظل في المباني والوقاية من تأثير اشعة الشمس المباشرة . ويستفاد من تأثير ظلال المباني العالية على المباني المحاورة عند وضع التصاميم الاساسية . ومن المظلات النابتة الشائعة الاستعمال المروزات الانفية والجانبية والمحيطية بالابواب والشبايك ( Overhang , Fins ) كما في الشكل ( 8 . 3 ) . اما المظلات المتحركة فتثبت عادة على الشبايك لكي يتم تحريكها لتحقيق نسبة الظل والانارة المطلوبة كما في الشكل ( 8 . 4 ) . كما توجد مظلات متحركة توضع امام مدخل المباني والابواب الرئيسية ويمكن تحقيق نسبة الظل المطلوبة في كل موسم من مواسم السنة ، كما في الشكل ( 8 . 5 ) . وعند دراسة المباني القديمة يمكن الوقوف على الطرق المعمارية المستعملة لتحقيق نسبة الظل المطلوبة . وكما اشترنا سابقا تتوفر برامج جاهزة لتحديد نوع وشكل وأبعاد تصاميم المظلات المرغوب استعمالها في المباني .

### 8 . 4 . تحديد الاضاءة الملائمة

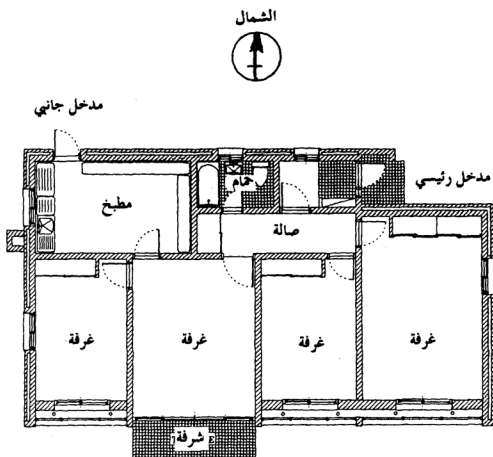
تعتمد شدة الاضاءة على نوع وطبيعة الاستخدام المطلوب في كل جزء من اجزاء المبنى . ان اغلب التصاميم المعمارية تعتمد شدة الاضاءة بمحدود 25 - 30 واط / المتر المربع من المساحة الارضية . وتختلف شدة الاضاءة في غرفة النوم عنها في قاعة المطالعة او قاعة الاجتماعات . وتعتبر طرق الاضاءة الطبيعية والانارة الاصطناعية ومعداتها عناصر مشاركة ومكملة لعناصر التصميم الداخلي للمبنى وتساهم ايضا في حساب الاحمال الحرارية للمبنى .

يفضل استعمال طرق الاضاءة الطبيعية لتقليل الاعتماد قدر الامكان على الانارة الاصطناعية خلال ساعات النهار . وهذا سوف يساهم في توفير الراحة والجو الطبيعي في ممارسة الاعمال اليومية وتقليل تكاليف الطاقة المصروفة على الانارة . ويتطلب استعمال الانارة الاصطناعية في الفراغات والاماكن التي لايمكن ان تصلها الاضاءة الطبيعية وخلال ساعات غروب الشمس . ولهذا يتطلب استعمال الاضاءة الطبيعية والمتماثلة وتقدير مستوياتها المثالية للغرف والمخلات والاماكن المختلفة كلا حسب ظروف الاستعمال المنشودة . ويتطلب ايضا الحد من استعمال الاضاءة الطبيعية والانارة

الاصطناعية الزائدتين عن المستوى المطلوب لانهما سوف يشكلان إحمال اضافية الى الحمل الحراري الكلي للمبنى ، بالاضافة الى تسبب مشاكل نفسية وعدم الشعور بالراحة . ويفضل استعمال الشمعات الطويلة ( الفلورسنت ) بدلا من المصابيح السلكية ومحاولة ضبط مستوى الانارة الخارجية واستعمال مصابيح ذات قدرات ملائمة ويفضل اتباع اوقات التشغيل المثالية والتنظيف الدوري .

## 8 . 5 . اختيار مواد الديكور

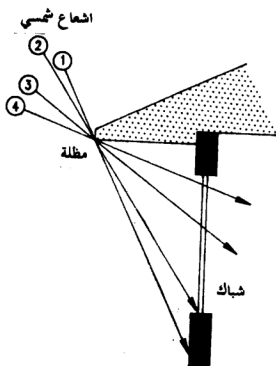
يعتبر الديكور ( Decoration ) احد الطرق الفعالة المعتمدة في تنفيذ التصميم المعمارية للتصميم عن رغبات الساكنين في مبنى . ويمكن ان يتحقق الاسراف والمبالغة في تنفيذ تصاميم الديكور حسب نوعية الاستعمال المطلوب تحقيقه في تصميم ديكور المبنى . اخذ المهندسون والمصممون استفلال الديكور كأحدى الوسائل المتاحة لوشيد الطاقة التقليدية خاصة في المباني التي تعتبر في الوقت الحاضر من العوامل الفعالة في هذا المجال . وتم استعمال مواد الديكور على السطوح الداخلية والخارجية للحدود والسطوح الداخلية للسقوف ، كما في الشكل ( 8 . 6 ) ، وفرش الارضيات بالسجاد كمواد عازلة للحرارة كما في الشكل ( 8 . 7 ) . ان توزيع ونوع الاثاث واختيار لون الاصباغ المستخدمة ستؤدي الى تحقيق أغراض توزيع الاضاءة الطبيعية ونهية المناخ الملائم داخل المبنى وتوفير الراحة النفسية للساكنين .



شكل ( 1 . 8 ) مخطط توزيع الفراغات في المبنى

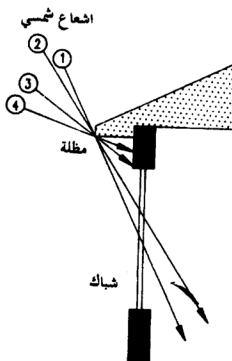


شكل ( 2 . 8 ) اختيار مساحة ونوع الشباك



موقع الشمس في

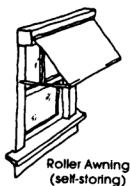
- ① 21 حزيران (يون)
- ② 21 آب (أغسطس)
- ③ 21 شباط (فبراير)
- ④ 21 تشرين الثاني (ديسمبر)



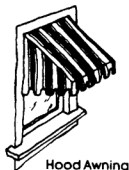
موقع الشمس في

- ① 21 حزيران (يون)
- ② 21 آب (أغسطس)
- ③ 21 شباط (فبراير)
- ④ 21 تشرين الثاني (ديسمبر)

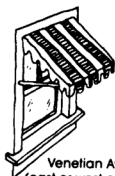
شكل ( 3 . 8 ) اختيار عرض المظلة فوق الشباك



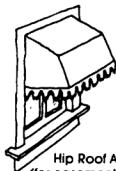
Roller Awning  
(self-storing)



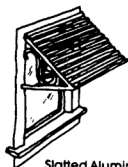
Hood Awning



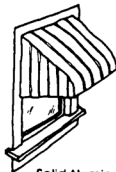
Venetian Awning  
(east or west exposures)



Hip Roof Awning  
(for casement windows)

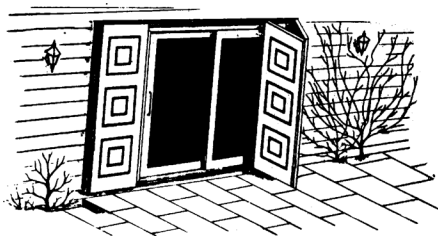


Slatted Aluminum



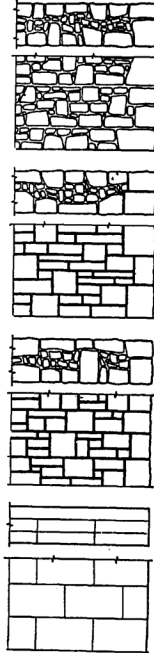
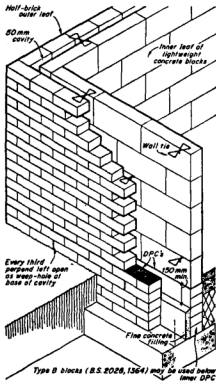
Solid Aluminum

شكل ( 4 . 8 ) بعض انواع المظلات المتحركة المثبتة على الشبايك

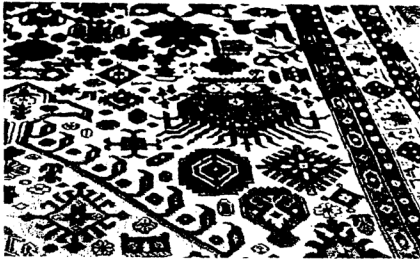


شكل ( 5 . 8 ) مظلة مثبتة على الباب





شكل ( 6 . 8 ) تشطيب الجدران الداخلية والخارجية



شكل ( 7 . 8 ) استعمال بعض انواع المفروشات

## الفصل التاسع

### عناصر التكيف البيئي

يستفاد من توظيف عناصر التكيف البيئي كوسيلة للتقليل من الحمل الحراري للمبنى وبالتالي التقليل من مقدار الطاقة المستهلكة في أجهزة التكيف المستعملة . وتساهم هذه العناصر مساهمة فعالة في توفير الراحة الحرارية للساكين بأقل تكاليف وأطول ساعات ممكنة دون الاعتماد على تشغيل أجهزة التكيف . ان الشعور بالراحة التامة وبتكاليف قليلة في ظل حو طبيعي صحي له تأثيرات نفسية ايجابية مباشرة على الانسان وبالتالي زيادة قدراته في الانتاج والابداع . ومن أهم هذه العناصر :

#### 9 . 1 . الاحوال الجوية

يتميز الانسان مثل جميع المخلوقات الحية بحساسية عالية بالطبيعة المحيطة به وذلك لدرجة ان البيئة سواء كانت طبيعية او اصطناعية تؤثر تأثيرا مباشرا على مدى عطاها ، وهناك دراسات مختلفة تتناول علاقة الانسان بالبيئة وتوضح التأثير السلبي للاحوال الجوية السيئة على صحة الانسان النفسية . وتشكل عوامل الطقس المتمثلة بالاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية والرياح في الموقع الجغرافي علاقة قوية تؤثر تأثيرا كبيرا على التصميم الداخلي للمبنى ، لان هذه العوامل تساهم مباشرة في التأثير على انتقال الحرارة والهواء من وإلى المبنى وتحديد مستوى التكيف المطلوب لراحة الساكنين في كافة اوقات السنة . لذلك يجب تجميع وتحليل معلومات الطقس لفترات معقولة على ان لاتقل عن خمس سنوات ووضعها تحت متناول المختصين عند وضع التصميم المعمارية والميكانيكية ، وتحديد درجة الحرارة العظمى والصغرى ومعدل الامطار وقيمة الرطوبة النسبية ودراسة الاحوال الجوية ومعدل شدة الاشعاع الشمسي واتجاه وسرعة الرياح السائدة لكل اشهر السنة .

#### 9 . 2 . العزل الحراري

يمكن تعريف العزل الحراري ( Thermal Insulation ) بأنه الوسيلة التي يمكن بواسطتها المحافظة على الطاقة من التسرب من وإلى الحيز سواء كان مبردا أو مدفئا . تستعمل هذه الغاية مواد

خاصة ممتاز بعدم قابليتها على نقل الطاقة من خلالها وكلما ازدادت مقدرة مادة ما على حفظ الطاقة ازداد نفعها ومن هذه المواد الصوف الزجاجي والفلين والاسبتوس والخشب والمواد التكميلية ( Decoration ) ... الخ . ويمكن التعرف على نوع المواد العازلة المستعملة في مواد البناء للدور والعمارات وطريقة ومكان استعمالها وفائدتها واسعارها من الشركات المنتجة والمسوقة لها . ان ما يحدد استعمال المواد العازلة في المبنى هو الموقع الجغرافي للمبنى وطبيعة البناء ونوعية المواد المستخدمة فيه جودة التنفيذ . ومن الطبيعي ان تختلف تكاليف المواد العازلة بالنسبة لاختلاف الابنية ومتطلباتها من قدرة أجهزة التكييف المطلوبة . ومهما قلت أو زادت تكاليف استعمال المواد العازلة في البناء فإنها قليلة اذا ما قورنت بما ستقدمه من توفير في استهلاك الطاقة اللازمة للتنفذية والتبريد حيث أنها توفر ما بين 20% - 30% بالاضافة الى توفير الجهد المصروف على توفير الطاقة وخاصة البترول ومشتقاته والتقليل من تلوث البيئة . وتوضح الاشكال ( 3 . 8 ) و ( 3 . 9 ) و ( 3 . 10 ) استعمال المواد العازلة في بناء بعض أنواع الجدران واستعمال الطوب ( الطابوق ) والطوب الاسفنجي او الطوب المثقب او المحفور في بناء الجدران واستعمال المواد العازلة في تغليف الجدران من الداخل والخارج بمواد تكميلية وزينة (ديكور) عازلة . وكذلك يساهم استعمال المظلللات الخشبية على النوافذ واستعمال النوافذ المزودة الزجاج ... الخ في تأمين العزل الحراري للمبنى .

### 9 . 3 . السيطرة على التسرب الحراري

يتم اكبر فقدان للطاقة عن طريق التسرب الحراري الذي يحدث غالبا بتسرب الطاقة بواسطة الهواء الحار أو البارد الى المحيط الخارجي من خلال شقوق الابواب والشبابيك ( النوافذ ) وفنحات التهوية وساحبات الهواء . يتم الكشف عن وجود التسرب الحراري بتقريب شمعة متقدة حول اطوار الابواب والشبابيك فاذا تحرك لهب الشمعة كان دليلا على وجود تسرب هواء من تلك الشقوق . ولغرض التغلب على التسرب يمكن ملأ فراغات الشقوق او تغليفها باستعمال شرائط مطاطية او مواد عازلة أخرى وهذا يتم عادة في البيوت والابنية القديمة . ويوضح الشكل ( 9 . 1 ) نسب الفقد الحراري الحاصلة في منزل سكني .

اما عند تنفيذ البيوت والابنية الحديثة فيجب استعمال الأبواب والشبابيك المحكمة الفلق التي تستعمل المطاط في اوجه التماس عند الأغلاق . اما التسرب الحراري الذي يحدث خلال الشبابيك الزجاجية فيتم بطرق انتقال الحرارة بالتوصيل والحمل والأشعاع من وإلى داخل الغرف عبر الزجاج لذا

تستعمل ستائر سميكة ذات مواصفات جيدة من الداخل أو استعمال الستائر والمظلات الخشبية أو المعدنية المتحركة التي توضع على النوافذ ( الشبايك ) والأبواب من الخارج كما هو موضح في الشكلين ( 5 . 8 ) و ( 2 . 9 ) . ان البالغ الزهيدة المصروفة لمنع التسرب الحراري كقيلة بأن توفر ما يزيد عن 18٪ من كلفة التكييف المنزلي سواء كان هذا التكييف تبريدا أو تدفئة .

#### 9 . 4 . توفير التهوية الملائمة

يمكن تعريف التهوية ( Ventilation ) بانها عملية تغيير معدل كمية الهواء الموجود في الحيز لتوفير الجو الملائم للساكين وذلك بتقليل درجة حرارة الحيز الذي يتم عن طريق طرد كمية من الحرارة بواسطة تيارات الهواء الحاصلة . وقد استعملت منذ القدم وسائل عديدة لتحقيق نسبة التهوية المطلوبة في المباني . حيث استعملت تقنيات عديدة منها الشبايك وقناة البادكير ( الملاقف ) والفسحة الوسطية وبحاروي الهواء الارضية وهوائيات الشبايك والابواب وفتحات ساحبات الهواء الكهربائية وما شابه ذلك من تقنيات شاع استعمالها في المباني ، وكان امرها استعمال منظومة الجدار الحراري لتوفير التهوية المطلوبة في فصلي الشتاء والصيف . وتم شرح ذلك في منظومة الجدار الحراري في الفصل ( 7 ) .

وابسط تصميم كان مستعملا في المباني خاصة في مناطق شرق حوض البحر الابيض المتوسط هو البادكير ، المتمثل بقناة هوائية عمودية ممدودة طوليا في البناء من السطح الى الغرف ويعلوها غطاء مثلث او منحني يسمى الملقف مفتوح باتجاه الرياح الموسمية المرغوبة وفي الغرف توجد بوابة ( او زعانف ) لخلق وفتح مجرى الهواء ويمكن التحكم بواسطتها بنسبة التهوية المطلوبة ويوضح الشكل ( 9 . 3 ) نوعا من هذه التصميم المستعملة في البناء . وتوجد طرق اخرى استعملت من قبل السكان للاستفادة من هبوب الرياح الموسمية ومنها على سبيل المثال المستعمل في جنوب شرق اسيا ( الفلبين ) حيث ينشئ السكان منازلهم على ارتفاع 2 - 2.5 متر من مستوى سطح الارض ، كما في الشكل ( 9 . 4 ) . اما في المناطق الجبلية فقد عاش السكان في الشقوق والدهاليز والمغارات الجبلية . وقسم من السكان كان ينزل الى الوديان في اوقات الشتاء ويصعد الى الجبال في اوقات الصيف ، كما في الشكل ( 9 . 5 ) . ويمكن معرفة معدل التهوية المطلوب توفره في المباني المختلفة عند الاطلاع على الجداول الهندسية المستعملة في هذا المجال ، كما جاء في الجدول ( 4 . 11 ) .

### 5. 9 . اختيار الموقع والاتجاه الجغرافي

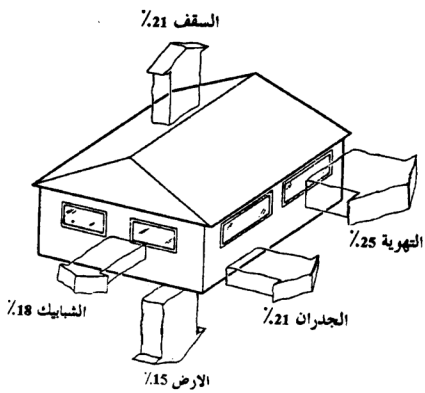
للموقع الجغرافي تأثير مباشر على تحديد مكان انشاء المباني . فعند دراسة الأرض واختيار الموقع للملحام لانشاء المبني تؤخذ بعين الاعتبار المصادر الطبيعية المتوفرة ، وما يمكن اضافته الى واقع الأرض الطبيعية من مصدات اصطناعية وزراعة اشجار ، كما في الشكل ( 9 . 6 ) . وعند تصميم المبني ينظر الى الموقع الجغرافي ومساحة الأرض المخصصة للبناء الذي يقام عليها وتأثير المباني المجاورة ومراعاة توجيه الواجهة الامامية للمبني باتجاه الجنوب لاستقبال اكبر كمية من الاشعاع الشمسي في فصل الشتاء ومحاولة التغلب على مشاكل هبوب الرياح الموسمية الحارة والباردة . ان اختيار الموقع الجغرافي للمبني يساعد على معالجة مشاكل الرياح ويساهم الاتجاه الجغرافي في الاستفادة من الاشعاع الشمسي وهما يؤديان الى تقليل احتياج الطاقة المطلوبة للتكييف ويساعدان على توفير الجو الطبيعي داخل المبني على حد سواء .

### 6 . 9 . مصدات الرياح

تعرف مصدات الرياح بالعوائق التي تحمي المباني من تأثير هبوب الرياح الموسمية . ويمكن حصرها بالمصدات الطبيعية والاصطناعية . وعند اختيار الموقع الجغرافي للمبني تتم ملاحظة الارض الطبيعية وتحديد المضارب والمرتفعات وجعلها كمصدات طبيعية بوجه الرياح الموسمية المؤثرة على المبني . وتقام في بعض الاحيان مثل هذه المصدات الاصطناعية لتحقيق هذه الغاية وزيادة من جهازية المنطقة . ويمكن زراعة الارض المجاورة للمبني باشجار دائمة الخضرة في الجهة الشمالية لكي تعمل كمصدات للرياح الشتوية الباردة . وزرع اشجار نفضية في الجهات الغربية والشرقية حتى تكون مصدات الرياح الموسمية والسماح للاشعة الشمسية الدافئة من المرور خلالها عندما تتساقط اوراقها في فصل الشتاء ، كما في الشكل ( 9 . 7 ) . ويتم توزيع المباني بصورة تلائم مع الموقع الجغرافي للمنطقة المراد وضع التصميم الاساسية لها بحيث تتم ملاحظة طبيعة المنطقة وعلاقتها بشدة واتجاه الرياح الموسمية على مدار السنة .

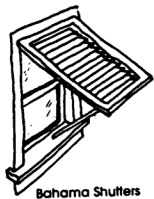
## 9 . 7 . زراعة النباتات

كما تم شرحه في اعلاه ، يمكن استعمال النباتات في التحكم في الجو المحيط بالمبنى عن طريق المساهمة في تنظيم حرارة الجو والرطوبة النسبية والاشعة الشمسية وحركة الهواء ومستوى الاضاءة ، كما في الشكل ( 8 . 9 ) . ان زراعة الاشجار الموسمية تساعد في الحماية من اشعة الشمس المباشرة الساقطة على المبنى . وتعمل النباتات المتسلقة على تغطية الجدران وحمايتها من التعرض المباشر لاشعة الشمس وتساعد ايضا على انعكاس الاشعة وعدم وصولها للجدران . ويتم زراعة الارض المجاورة بنباتات زهرية موسمية حتى تكون مصدر انعاش وترطيب وتوفير الرطوبة المناسبة في الجو . وفي داخل المبنى تعمل نباتات الزينة على تلطيف الجو فهي تطلق الاوكسجين والرطوبة في الهواء وتمتص ثاني اوكسيد الكاربون وتصفى الجو من الغبار . ومن الممكن استعمال النباتات في تعديل حركة الهواء ومستوى الاضاءة في داخل فضاءات المبنى ايضا . وهناك تطبيق تقني اخر للنباتات وهو تقليل السطوح الناتجة عن الاضاءة الطبيعية والصناعية على حد سواء وخاصة عند استعمال النباتات ذات الاوراق الداكنة اللون .

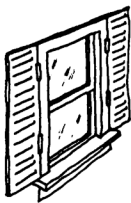


شكل ( 9 . 1 ) النسب المئوية للتسرب الحراري في منزل سكني





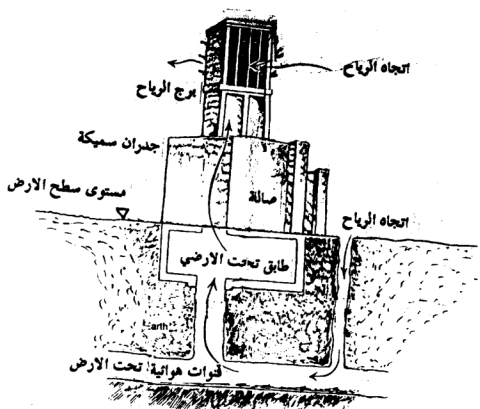
Bahama Shutters



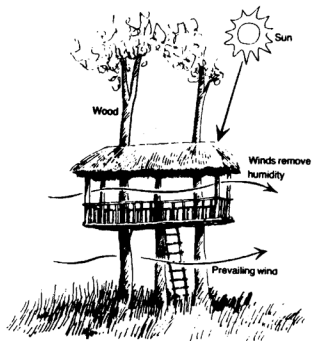
Side-hinged Shutters



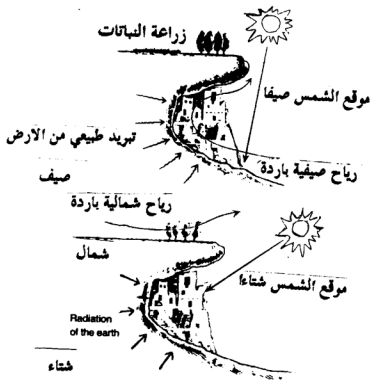
شكل ( 2 . 9 ) استعمال الستائر والمظلات على النوافذ ( الشبايك )



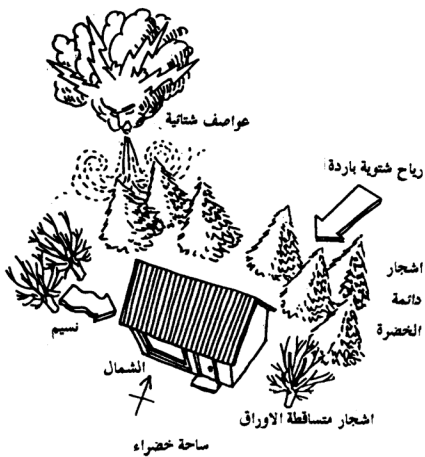
شكل ( 3 . 9 ) منظومة التهوية في المبنى



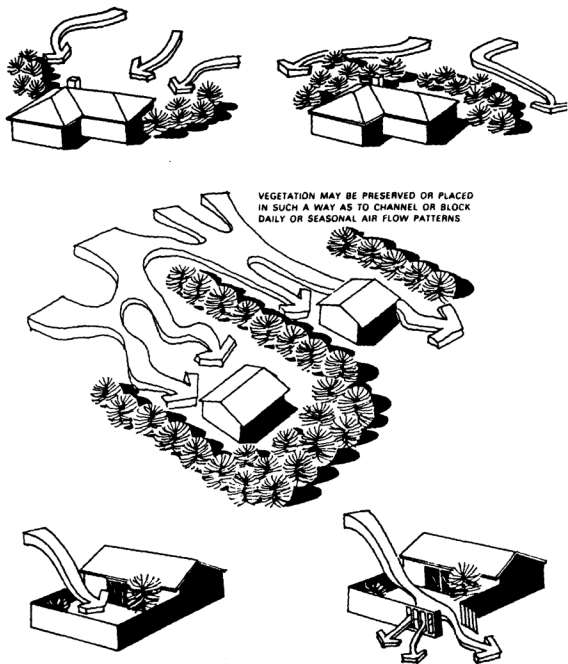
شكل ( 4 . 9 ) مبنى سكني من جنوب شرق اسيا ( الفلبين )



شكل ( 9 . 5 ) السكن في الجبال والوديان



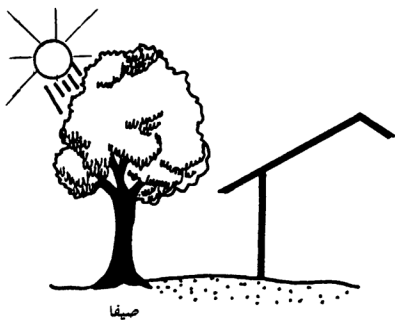
شكل ( 6 . 9 ) الموقع الجغرافي وتأثير الظروف الجوية على مبنى سكني



شكل ( 7 . 9 ) بعض امثلة مصلات الرياح



شتاء



صيفاً

شكل ( 8 . 9 ) زراعة النباتات حول المبنى





## الفصل العاشر

# استخدام الطاقة الشمسية في المباني

تميز الطاقة الشمسية بغيراتها وتوفرها في كل مكان . ولو أمكن أستغلال جزء قليل من الطاقة الشمسية لأعطت للعالم ما يعادل احتياجاته للطاقة من جميع المصادر ، ولكن المشكلة تكمن في أن الاشعاع الواصل الى الأرض أقل بكثير من الاشعاع المنبعث من الشمس نتيجة تأثيرات عناصر الجو والظروف المناخية التي يتعرض لها الاشعاع أثناء مساره الى الارض . إضافة الى صعوبة إمكانية جمع كافة الطاقة الشمسية الواصلة الى الارض من الناحية العملية للتعويض الكامل عن مصادر الطاقة التقليدية .

وعلى أساس التكنولوجيا الحالية والمتطورة في المستقبل القريب فإن السوق الاساسي المحتمل للطاقة الشمسية والمهيأ في أخذ الصدارة في مجال التطبيق العملي هو في مجالات تسخين المياه وتكييف المباني المختلفة وتغذية المياه وتوليد الكهرباء في بعض التطبيقات الضرورية رغم ارتفاع تكاليفها الاولى . أن هذه التطبيقات تشكل نسبة لا بأس بها للتعويض عن مصادر الطاقة التقليدية .

أن استخدام الطاقة الشمسية في المباني يقلل بالاساس استعمال الطاقة التقليدية التي تتغير اسعارها العالية عاما بعد عام وبنسب متفاوتة وكذلك يقلل من نسبة التلوث في الجو ومن نسبة الحوادث المتسببة من حراء استعمال أجهزة الطاقة والوقود التقليدية ويوفر الجو الطبيعي الصحي ويزيد من التأثيرات النفسية الايجابية على شاغلي المباني التي تستخدم الطاقة الشمسية . إضافة الى كل ما تقدم فإنه سوف يضيف تكنولوجيا جديدة ومتطورة الى خيرة المجتمع في هذا الاختصاص المهم مع عدم الحاجة الى قدرات فنية متخصصة للقيام بتركيب وتشغيل وصيانة أجهزة الطاقة الشمسية .

وكما أسلفنا أن أبسط استخدام للطاقة الشمسية في المباني يكون على ثلاث محاور هي :-

### 10 . 1 . استعمال منظومات الطاقة الشمسية في المباني المشيدة سابقا

أن الخطوة الاولى التي يقوم بها المهندس المختص هي دراسة التصميم الاساسي وخصوصية وحاجة الاستعمال المطلوبة للمبنى ، ثم تحديد ما يمكن إضافته من منظومات الطاقة الشمسية الملائمة للتصميم الاساسي بحيث لا تتعارض هذه المعالجات مع المظهر المعماري والاستعمال المطلوب في

المباني . أن أبسط هذه المعالجات تتم بأضافة منظومات تسخين الماء الشمسية وأستعمال العازل الحراري لانايب الماء الحار وتركيب مواد الديكور على الجدران الداخلية وأجزاء بعض التحويلات على النوافذ في الواحها الجنوبية لكي تعمل عمل الجدار الحراري مثلا . يوضح الشكل ( 10 . 1 ) استخدام صفوف من المجمعات الشمسية في منظومة تسخين الماء الشمسية لتزويد الماء الحار للاستعمال المنزلي في عمارة سكنية قديمة متعددة الطوابق . ويمكن أيضا التقليل من مساحات النوافذ وأستعمال الستائر وألوان الاصباغ المللثة أو يمكن أضافة المظلات الخارجية الثابتة أو المتحركة وزراعة بعض الاشجار دائمة الخضرة والنفذية لتكون مصدات للرياح الموسمية . وتوجد أمثلة حية عديدة مطبقة في مناطق من العالم ومنها في عالمنا العربي على سبيل المثال في الاردن والعراق .

## 10 . 2 . أستعمال منظومات الطاقة الشمسية في المباني التي هي قيد الانشاء

تتم دراسة المباني التي هي قيد الانشاء التي وصلت فيها نسبة أنجاز قليلة أو متقدمة وأضافة ما يمكن أضافته من منظومات الطاقة الشمسية في تلك المرحلة أو المراحل القادمة في عملية البناء المستمرة . ويمكن التدخل في المراحل غير المنجزة بأضافة بعض أجزاء المنظومات الشمسية التي لها علاقة بمواد البناء وأجزاء تغييرات حربية قد تشمل تهديدات أنابيب الماء أو بحساري الهواء أو الاسلاك الكهربائية .. الخ . كل هذه الإضافات والتعديلات التي تجري أثناء مراحل التنفيذ ليس لها تأثير يذكر على المظهر المعماري الكلي للمبنى أو تقسيمات الفراغات وتصاميم الديكورات الداخلية . وتوجد أمثلة على ذلك في مناطق عديدة من العالم .

## 10 . 3 . أستعمال الطاقة الشمسية في المباني التي تشيد مستقبلا

يمكن أستعمال منظومات الطاقة الشمسية في المباني التي تصمم خصيصا للاقتصاد الجزئي أو الشبه الكلي في أستعمال الطاقة التقليدية . ولهذا الغرض يعطى دور هام لمشاركة منظومات الطاقة الشمسية في التصميم المعماري وذلك عن طريق تهيئة المعلومات المطلوبة وعرضها على المهندسين المعماريين والميكانيكيين ومختصي البيئة . ومن هذه المعلومات الأساسية درجات الحرارة والرطوبة النسبية والاشعاع وسرعة اتجاه الرياح وكذلك الحالة الاجتماعية والموقع الجغرافي للبناء مع الأساسيات المحددة لمتطلبات الاستعمال التي تؤخذ بعين الاعتبار عند وضع التصاميم المعمارية والميكانيكية . وعند دراسة هذه الأمور مجتمعة يتم وضع التصاميم المللثة وعندها تظهر نسبة مشاركة الطاقة الشمسية من

النسبة الاجمالية المطلوبة الطاقة التقليدية وأنواع وأحجام المنظومات المشاركة في التصميم . وفي هذه الحالة سوف تكون لاستعمال منظومات الطاقة الشمسية تكاليف اضافية على تكاليف البناء الاولى وكما أسلفنا سوف تسرد هذه التكاليف من الاقتصاد في استعمال الطاقة التقليدية واحور صيانتها . ان تكاليف منظومات الطاقة الشمسية تبدو لاول وهلة باهضة الثمن ولكن عندما تتوفر الامتيازات المتشوّدة في المبنى المتمثلة في توفير الجو الطبيعي الصحي والارتياح النفسي وعدم وجود متاعب صيانة للمنظومات المستعملة وتقليل مصروف الطاقة فانها ستغطي بالتاكيد هذه التكاليف وعلى مدى فترات قد تقصر معتمدة على نسبة مشاركة الطاقة الشمسية في تصميم المبنى . وهناك امثلة عديدة في العالم والدول العربية ومنها البيوت الشمسية التي تم انشاؤها في كل من العراق والاردن والسعودية والكويت والجمهورية الليبية .

#### 10 . 4 . استعمال منظومات التكييف المركزية الشمسية في المباني

يعتبر تكييف المباني بواسطة منظومات التكييف المركزية الشمسية احدى التقنيات المعول عليها في مجالات تطبيقات التحويل الحراري للطاقة الشمسية . ان استعمال الطاقة الشمسية في منظومات التكييف المركزية لتوفير الجو الملائم في المباني او توفير درجات الحرارة المطلوبة في المحازن المبردة ، اصبح الان في مجال التطبيق العملي الواسع خاصة في المناطق النائية والمناطق التي لاتنتج الوقود التقليدي وتتمتع بمعدلات عالية من شدة الاشعاع الشمسي وساعات سطوع شمس طويلة . يتم تحويل الاشعة الشمسية بطريقة التحويل الحراري بواسطة المجمعات الشمسية المستعملة الى حرارة . ولذلك فان الخيار الطبيعي لاستغلال هذه الحرارة كطاقة داخلية هو لتشغيل المنظومة الامتصاصية التبخيرية الشمسية ( Solar Absorption Refrigeration System ) . وعند استعمال هذه المنظومات تظهر العلاقة بين الطاقة المطلوبة لتشغيل الاجهزة وتوفر كمية كافية من الطاقة الشمسية لسد هذه الحاجة دون الاعتماد على الطاقة التقليدية في اغلب ايام السنة . ان استعمال الطاقة الشمسية في منظومات التكييف المركزية يعود لأغراض اقتصادية تعطي مردوداتها بعد فترة تشغيل طويلة . وهذا مايجد في المناطق التي لاتتوفر فيها الطاقة التقليدية و/أو ارتفاع اسعارها وتوفر الطاقة الشمسية مما يجعل استعمال هذه المنظومات اقتصادية رغم ارتفاع اسعارها وتكاليفها الأولية .

ان استعمال الطاقة الشمسية في منظومات التكييف المركزية يتم في مجالين رئيسيين هما :

## اولا : تكييف المباني

استعملت هذه المنظومات في تكييف مباني رياض الاطفال ودور النفاهة والمستشفيات ودور الضيافة والمنتديات الرياضية لتوفير الجو الطبيعي والراحة النفسية فيها دون الاهتمام الى التكاليف الاولى الباهضة لهذه المنظومات والمباني المستعملة فيها .

## ثانيا : مخازن التبريد لحفظ الاغذية والمستلزمات الطبية

تستعمل هذه المخازن في المناطق النائية لحفظ الاغذية والمستلزمات الطبية لفترات زمنية طويلة منعاً لتلفها . وتقام مثل هذه المخازن في المناطق الزراعية والريفية التي تشكو من عدم توفر امكانية التسويق الزراعي السريع وعدم توفر الخدمات الطبية وقلة شبكات الطرق ووسائل النقل المختلفة وصعوبة توفير مصادر الطاقة . ويعتبر استعمال هذه المخازن احدى الوسائل الفعالة في تأمين الامن الغذائي ورفع المستوى الصحي للمجتمع .

تشارك منظومة الطاقة الشمسية المتكونة من المجمعات الشمسية ( المستوية او المركزة ) والخزان الحراري ومجموعة الانابيب والمضخات والمسيطرات الحرارية ضمن التصميم الميكانيكي لمنظومة التكييف المركزية المستعملة في المبنى . ويمكن تحديد نسبة مشاركة منظومات الطاقة الشمسية في عمل منظومة التكييف المركزية ، وقد تكون عالية في بعض الاحيان مستندة على عوامل عديدة . وعند عدم توفير كمية الاشعاع الشمسي المطلوب لتشغيل المنظومة وتوفير الماء الحار في بعض الاوقات من السنة ، يضطر الى استعمال احدى مصادر الطاقة التقليدية للتعويض عن عدم كفاية مشاركة الطاقة الشمسية في تلك الاوقات وخاصة في فصل الشتاء القارص والايام الغائمة .

ان المنظومات المستعملة في هذا المجال هي المنظومات الامتصاصية التبخيرية ( Absorption Refrigeration ) ويستعمل عادة فيها محلول سائل مركب من مادتين (الماس والمبخر) ( Refrigerant and Absorbant ) كمادة ناقلة للحرارة بين اجزاء المنظومة . ويوجد نوعان من هذا السائل وهما ( أمونيا - ماء ) ( Ammonia - Water ) و (بروميد الليثيوم - ماء ) ( Lithium bromide - Water ) ويستعمل المحلول الاول في التطبيقات التي تتطلب درجات حرارة عالية أما المحلول الثاني فيستعمل في التطبيقات التي تتطلب درجات حرارة معتدلة يمكن في جميع الاحوال تحقيقها بواسطة المجمعات الشمسية المائية المستوية . لقد شاع استعمال الوقود المتوفر من الغاز او الكهرباء في الغلايات ( Boilers ) لتوليد الحرارة المطلوبة لتشغيل المنظومات الامتصاصية التبخيرية

التقليدية . اما في المنظومات الامتصاصية التبخيرية الشمسية فأنها تعمل باستعمال الحرارة للتوليدة من المجمعات الشمسية بدلا من الغلايات الغازية والكهربائية ، وفي الوقت الحاضر شاع استعمال المنظومات الامتصاصية التبخيرية التي تستخدم محلول ( بروميد الليثيوم - ماء ) ( Lithium bromide - Water ) الملائمة في تطبيقات الطاقة الشمسية في هذا المجال التي تحتاج الى درجات حرارة أقل من المنظومات التي تستعمل محلول ( امونيا - ماء ) ( Ammonia - Water ) . ويمكن شرح عمل المنظومة الامتصاصية التبخيرية الموضحة في الشكل ( 10 . 2 ) ، التي تستعمل محلول سائل ( بروميد الليثيوم - ماء ) يعمل الماء كمائع تبريد ( Refrigerant ) وتعمل مادة بروميد الليثيوم ( Lithium bromide ) كمائع ماص ( Absorbent ) . ويبدأ عمل الدورة عندما يكون المحلول السائل في داخل المولدة ( Generator ) قد سخن الى درجة حرارة ( 77 ) مئوية بواسطة الماء المسخن القادم من صفوف المجمعات الشمسية المستوية او المركزة المستعملة في المنظومة . وتقوم هذه المجمعات بتزويد الحرارة الجمعية الى المبادل الحراري ( Heat Exchanger ) داخل المولدة ( Generator ) التي يتم في داخلها انتقال الحرارة من سائل تجمع الحرارة الشمسية الى المحلول السائل المستعمل في منظومة التكثيف . ونتيجة لانخفاض الضغط داخل المولدة فان الماء الموجود في المحلول السائل يتحول الى بخار . وهذا البخار يتوجه الى المكثف فيبرد ويكثف الى سائل ماء بدرجة حرارة ( 38 ) مئوية بواسطة المبادل الحراري ( Heat Exchanger ) الموجود داخل المكثف . وهذا السائل يمر عبر صمام التمدد ( Expansion Valve ) وعند ذلك يعود جزء منه فيتبخر مكونا محلول بخار - سائل ، ويمر هذا المحلول خلال ملفات المبخرة ( Evaporator Coils ) في درجة حرارة حوالي ( 4 ) مئوية . وعند مرور الهواء الحار القادم من المبنى لغرض التبريد داخل ملفات المبخرة تتم بذلك عملية ازالة الحرارة والرطوبة من الهواء . وبذلك تتم عملية تبريد الهواء الراجع لغرض تبريد المبنى . وبعد ذلك فان المحلول ( ونعني الماء في هذا الجزء ) يدور في ملفات المبخرة وقد امتص الحرارة من الهواء الحار القادم من المبنى ، يعود راجعا الى المتصة حيث يكون سائل التبريد الماء ( Refrigerant ) قد امتزج مع محلول بروميد الليثيوم المكثف القادم من المولدة في درجة حرارة ( 38 ) مئوية . وعندما تتم عملية اكتساب الحرارة بواسطة المحلول ينتقل الى المتصة ( Absorber ) . وهناك سيكون المحلول السائل مخلوطا مع محلول مركز من ( بروميد الليثيوم ) ( Lithium bromide ) الراجع من المولدة في درجة حرارة ( 38 ) مئوية . وعند عملية امتزاج المحلول داخل المتصة ( Absorber ) يفقد المحلول الحرارة اليها . ويتم التخلص من هذه الحرارة بواسطة الماء القادم من برج التبريد وعند ذلك يسخن المحلول

البارد الى المولدة لتعادل العملية الامتصاصية مرة اخرى وهكذا تتم عملية تبريد الهواء المستمرة في المنظومة .

وحسب ما تم الحديث عنه سابقا بأن تكاليف منظومات التكييف المركزية بالطاقة الشمسية مرتفعة جدا وقد تصل المائتاها من 4 - 6 امثال المائتا منظومات التكييف التقليدية وذلك بسبب استعمال مجمعات شمسية بمساحة كافية لتجميع الطاقة الشمسية بالكمية المطلوبة وتحويلها الى حرارة للاستعمال المباشر او غير المباشر عند تخزينها في خزان الماء الحراري الكافي لتشغيل المنظومة في ساعات الليل او الفترات الغائمة في النهار . ويمكن ان يكون حجم الخزان كبيرا كافيا لتشغيل المنظومة الى يومين او ثلاثة ايام معتمدا على الطاقة المخزونة فيه . وكذلك يعود ارتفاع المائتا هذه المنظومات الى استعمال مضخات ومسيطرات حرارية وكهربائية واستعمال انابيب ومواد عازلة جيدة وملحقات متفرقة للمساعدة في زيادة كفاءة اداء المنظومة والاستفادة من الطاقة الشمسية والطاقة المخزونة قدر المستطاع . ولغرض تقليل تكلفة هذه المنظومات يمكن ان تحسب مساحة المجمعات الشمسية المثلى ومنها يمكن تحديد حجم خزان الماء الحراري المستعمل في المنظومة القادر على تشغيل المنظومة في اغلب ايام السنة بالظروف المريحة ماعدا الايام الباردة والحارة جدا التي لاتستطيع المنظومة توفير الظروف المريحة داخل المبنى . وفي هذه الحالة يمكن الاستعانة بالاجهزة التقليدية بصورة مؤقتة للتعويض عن النقص الحاصل في أداء منظومة التكييف الشمسية .

يمكن حساب مساحة المجمعات الشمسية المثلى وحجم خزان الماء الحراري المناسب في منظومة التكييف المركزية الشمسية بالخطوات التالية :

- 1 . حساب الاحمال الحرارية ( للتدفئة والتبريد ) لشهر كانون الثاني من فصل الشتاء وشهر حزيران من فصل الصيف .
- 2 . استعمال المعادلات ( 10.1 و 10.2 ) لحساب مساحة المجمعات الشمسية وحجم خزان الماء الحراري لاحمال التدفئة والتبريد بموجب زوايا ميل المجمعات الشمسية شتاء وصيفا على التوالي :

$$A_c = \frac{Q_L \cdot \alpha}{I_T \cdot \eta_{sc} \cdot (1 - L_p)} \quad \dots\dots\dots (10.1)$$

$$V = \frac{I_T \cdot \eta_{sc} \cdot A_c \cdot (1 - L_p) - Q_{LT}}{(T_{end} - T_s) \cdot \rho \cdot C_p} \quad \dots\dots ( 2.10 )$$

حيث ان

$A_c$	مساحة المجمعات الشمسية ( $m^2$ )
$Q_L$	طاقة الحمل الحراري المطلوبة ( $kW/day$ )
$\alpha$	نسبة مشاركة الطاقة الشمسية (0.8)
$I_T$	الاشعاع الشمسي الساقط على السطح المائل ( $kW/m^2.day$ )
$\eta_{sc}$	كفاءة المجمعات الشمسية اليومية (0.35)
$L_p$	نسبة فقدان الحرارة من الانابيب وعزلان الماء الحراري والملحقات (0.15)
$V$	حجم عزلان الماء الحراري ( $m^3$ )
$Q_{LT}$	الحمل الحراري الكلي خلال فترة اوقات تجميع الحرارة ( $kW/day$ )
$T_{end}$	درجة حرارة عزلان الماء الحراري في نهاية فترة تجميع الحرارة ( $^{\circ}C$ )
$T_s$	درجة حرارة عزلان الماء الحراري في بداية فترة تجميع الحرارة ( $^{\circ}C$ )
$\rho$	كثافة سائل تجميع الحرارة ( $kg/m^3$ )
$C_p$	الحرارة النوعية لسائل تجميع الحرارة ( $kJ/kg. ^{\circ}K$ )

ولا بد من الاشارة الى ان معامل أداء المنظومات الامتصاصية التبريدية (Coefficient of Performance COP) يتراوح ما بين (0.5 - 0.8) . اما الحمل الحراري المطلوب للتبريد ( $Q_L$ ) فيمكن حسابه بقسمة طاقة التبريد الكلية على معامل أداء منظومة التبريد الامتصاصية . ويستعمل غالبا (COP = 0.5) لأغراض حسابات التصميم .

3 . يرسم شكل بياني يمثل المحور الصادي فيه مساحة المجمعات الشمسية ويمثل المحور السيني زاوية ميل المجمعات الشمسية عن الافق . وعند تثبيت قيم مساحة المجمعات الشمسية بما يقابلها من قيم زوايا الميل صيفا وشتاءا على التوالي على الشكل البياني نحصل على محطون يتقاطعت فيما بينهما في نقطة واحدة .

4 . بتسقيط احداثيات هذه النقطة على المحور الصادي نحصل على افضل مساحة مجمعات شمسية ويقابلها على المحور السيني زاوية الليل .

5 . من هذه الارقام يمكن الرجوع من جديد الى استعمال المعادلة ( 10 . 2 ) لحساب حجم مخزان الماء الحراري للملاحم لتصميم المنظومة .

تعتبر هذه الطريقة الحل المثالي لاختيار افضل مساحة مجمعات شمسية بزاوية ميل محددة وحجم مخزان حراري يقومان بأداء واجباتهما تجاه منظومة التكييف المركزية باستخدام الطاقة الشمسية في اغلب ايام السنة عدا الايام الباردة او الحارة جدا . وتساعد هذه الطريقة ايضا على تقليل التكاليف الاولى لمنظومة التكييف .

## 10 . 5 . الجمع بين مصادر الطاقة المتجددة في المباني

كنا قد تطرقنا الى انواع مصادر الطاقة البديلة المستعملة في الوقت الحاضر التي يمكن ان نحل محل مصادر الطاقة التقليدية المستعملة في تكييف وتشغيل الاجهزة الخدمية المختلفة في المباني . ويمكن استعمال الكهرباء المتولدة من الخلايا الشمسية واستعمال السخانات الشمسية لتزويد الماء الساحن بدلا من استعمال الطاقة الكهربائية التقليدية وكذلك استعمال الغاز الحيوي محل الغاز الطبيعي . ويمكن ان تتم هذه الاستخدامات بصورة سهلة جدا على مستوى مبنى سكني لعائلة واحدة على سبيل المثال . وعند الحديث عن استعمالات الطاقة المتجددة على مستوى مجمع سكني عند ذلك يبدأ التفكير باستعمال هذه المصادر ذات المردودات الاقتصادية على المستوى التجاري . ويمكن استعمال المراوح الهوائية والمجمعات الشمسية المركزة واستعمال الخلايا الشمسية او اي نوع من انواع مصادر الطاقة البديلة لتوليد الكمية المطلوبة من الطاقة . ولم يستبعد ابدا الجمع بين مصادر الطاقة البديلة في المباني ومنها على سبيل المثال استعمال هذه المصادر في تزويد مبنى يستعمل حاليا كمقر للاذاعة المرئية ( Granada Television ) في المملكة المتحدة . ويتكون هذا المبنى من طابقين بمساحة 114 متر مربع مزود كلياً من مصادر الطاقة البديلة باستعمال طاقة الرياح والخلايا الشمسية والسخانات الشمسية والغاز الحيوي والمنظومات الطبيعية ( السالبة ) والعزل الحراري للحدردان والسقوف والارضيات كما في الشكل ( 10 . 3 ) . واستخدمت طريقة الجمع بين مصادر الطاقة البديلة المتنوعة في تزويد الطاقة المطلوبة للدور ومباني ومشاريع سكنية حديثة في مناطق عديدة في العالم ومنها في الولايات المتحدة الامريكية وكندا واليابان والدول الاوربية .



## 10 . 6 . مشاريع تكيف المباني

يشكل استهلاك الطاقة في المباني نسبة لا بأس بها من مجموع الاستهلاك الكلي للطاقة حيث اتجهت الأنظار الى هذا القطاع الواسع . واعتمدت الدراسات والبحوث للوصول الى الوسائل التي تساعد على ترشيد استهلاك الطاقة وإحلال الطاقات القابلة للتطبيق في المباني . وأشارت الدراسات الى ان ترشيد استهلاك الطاقة في المباني بدأ يحقق نسبا جيدة أفضل من المعطى لها . وحقق استعمال منظومات الطاقة الشمسية نسبا متقدمة عند الجمع بين وسائل ترشيد استهلاك الطاقة واستعمال منظومات الطاقة الشمسية في تكيف المباني . ويمكن الوصول الى حالة شبه الاكتفاء الذاتي والاستغناء عن مصادر الطاقة التقليدية في أغلب ايام السنة . ولغرض تعميق هذه الأمور لابد من الإشارة الى المشاريع الممكن القيام بها في مجال استخدام مصادر الطاقة البديلة في قطاع المباني . ويمكن تقسيمها الى ماياتي .

### 10 . 6 . 1 . مشاريع تجارية

- تكون هذه المشاريع الوسيلة التي تساهم في اعداد الكادر وتوفير الخبرة في مجال نقل وتوطين استعمال تقنيات تكيف المباني بالطاقة الشمسية . ويمكن اقتراح المشاريع التالية :-
- 1 . ادخال وسائل ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية في تكيف المباني
  - 2 . ادخال تقنية تكيف المباني بالطاقة الشمسية في مبنى مدرسة او معهد او جامعة او مبنى سكن تقليدي .

### 10 . 6 . 2 . مشاريع رياضية

تساهم هذه المشاريع في اعداد المواصفات والمعايير الفنية وتقييم اداء منظومات الطاقة الشمسية ووسائل ترشيد استهلاك الطاقة في المباني لفرض توفير الجهد الطبيعي فيها . ومن المشاريع المقترحة مايلي :-

- 1 . مشروع البيت الشمسي المختبري
- 2 . مشروع الشقق السكنية او الخدمية
- 3 . قرية عصرية بكافة مرافقها الخدمية

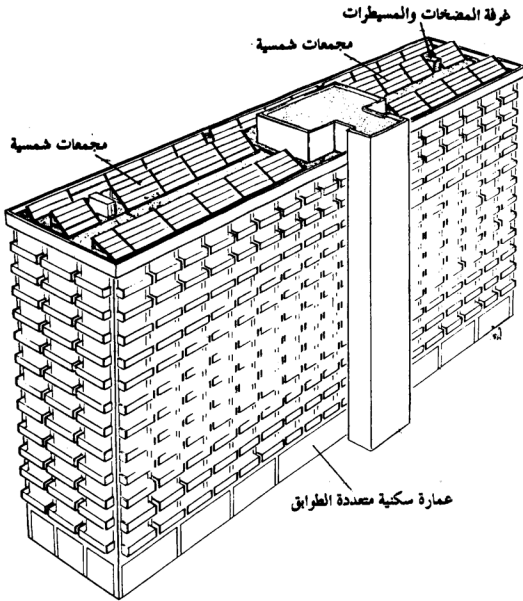
### 10 . 6 . 3 . مشاريع تطويرية

نتيجة لتوفر المعلومات ونتائج البحوث النظرية والعملية بجانب ما يستجد من تقنيات مستقبلية ، فلا بد من اجراء بحوث ومشاريع لتطوير المنظومات الشمسية المستعملة في المباني بما يتلائم وعوامل الجو والمحيط البيئي . وتشمل المجالات التالية :

- 1 . طرق البناء
- 2 . مواد البناء
- 3 . تخطيط المدن
- 4 . وسائل ترشيد استهلاك الطاقة
- 5 . تقنيات الطاقة الشمسية والطاقتات الاخرى
- 6 . عناصر التصميم المعماري
- 7 . عناصر التكيف البيئي
- 8 . الجدوى الاقتصادية والبيئية
- 9 . العوامل المساعدة
- 10 . البحوث والدراسات المستقبلية

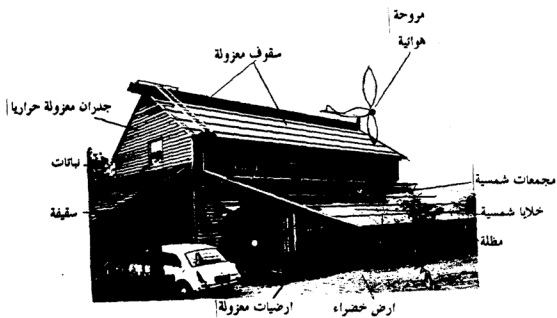
### 10 . 6 . 4 . مشاريع مستقبلية

عند حصول المعلومات وامتلاك تقنية تكييف المباني بالطاقة الشمسية والطاقتات البديلة الاخرى من جراء تنفيذ المشاريع السابقة الذكر ، يمكن تنفيذ مشاريع انشاء المدن الحديثة في مختلف المواقع لكي تساهم هذه المشاريع في تقليل استهلاك الطاقة التقليدية واستعمال تقنيات الطاقة المتجددة المتقدمة يعني توفر مبالغ كانت تصرف على تشغيل اجهزة التكييف وصيانتها بالاضافة الى الفوائد الاخرى التي لاحصر لها وعلى راسها القضاء على مسببات التلوث البيئي وتسوفير الجو الطبيعي فيها .



شكل ( 10 . 1 ) استخدام منظومة تسخين الماء الشمسية في عمارة سكنية





شكل ( 10 . 3 ) الجمع بين مصادر الطاقة المتجددة في المبنى



## الفصل الحادي عشر

### ترشيد استهلاك الطاقة

ان ترشيد استهلاك الطاقة جاء كرد فعل على الطلب المتزايد على الطاقة التقليدية والتكاليف الباهضة التي تدفع لقاء احور الطاقة المستهلكة بالاضافة الى كونها من اهم الوسائل التي تساعد في مكافحة التلوث البيئي في العالم . واصبح موضوع ترشيد استهلاك الطاقة والمحافظة على سلامة البيئة من سمات المجتمع المتحضر الخالي من مسببات التلوث والمشاكل الناجمة عنه في الماء والهواء والارض . وهي تؤثر بصورة مباشرة على حياة الانسان والحيوان والنبات على حد سواء . وحظي هذا الموضوع بأهتمام واسع في كافة دول العالم سواءا كانت مستوردة او مصدرة للطاقة او مكتفية ذاتيا ، وذلك لانها تؤدي الى الحد من الهدر والتبذير في استعمالات الطاقة وتقليل الخسارة الاقتصادية في استهلاكها وتحقيق كفاءة متزايدة في استغلالها .

وخلال السنوات الاخيرة قامت العديد من دول العالم باجراء الدراسات ووضع السياسات وسن القوانين واتخاذ الاجراءات العملية في قطاعات متعددة للحفاظ على الطاقة وترشيد استهلاكها والمساهمة في حل مشاكل التلوث البيئي الناتجة عنها وذلك حسب الظروف الموضوعية لكل مجتمع .

وعلى هذا الحال يمكننا ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية في جميع مرافق الحياة دون التأثير على الانتاجية والحد نسبيا من ترف الحياة . ومن هنا يظهر بان ترشيد الاستهلاك في الطاقة للفرد الواحد سوف يوفر كمية قليلة من المال واذا ما اخذنا هذا المقياس على عموم البلد فسوف يوفر مبالغ طائلة بالاضافة الى الارباح المرتبة في استثمار هذه المبالغ في مجالات اخرى وتوفير المبالغ المصروفة في مكافحة التلوث البيئي .

ان ترشيد استهلاك الطاقة في حياة المجتمع يستند على الاسس التالية :

اولا : تقليل وتنظيم استهلاك الطاقة في المجالات غير الضرورية .

ثانيا : اختيار الاجهزة والمعدات ذات الكفاءة العالية من حيث استهلاك الطاقة .

ثالثا : استخدام التقنيات المتاحة لترشيد استهلاك الطاقة .

رابعا : استخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة البديلة للطاقة التقليدية .

وبشكل استهلاك الطاقة في المباني نسبة لا بأس بها من مجموع الاستهلاك الكلي للطاقة حيث اتجهت الانظار الى هذا القطاع الواسع . واعدت الدراسات والخطط للوصول الى الوسائل التي تساعد على ترشيد استهلاك الطاقة واحلال الطاقات البديلة ، وفي مقدمتها الطاقة الشمسية ، في المجالات القابلة للتطبيق في المباني . وقد تحقق تقدم ملحوظ في هذه المجالات . وأشارت الدراسات الى ان ترشيد استهلاك الطاقة في المباني قد وصل الى نسبة لا بأس بها . حيث حقق استعمال الطاقة الشمسية نسب متقدمة في هذا المجال . وعند الجمع بين وسائل ترشيد الطاقة واستعمال الطاقة الشمسية في المباني يمكن الوصول الى حالة الاكتفاء الذاتي والاستغناء عن اي مصدر من مصادر الطاقة التقليدية في اغلب ايام السنة .

ان تقليل وتنظيم استهلاك الطاقة غير الضروري يعني توفيراً في الطاقة وتقليل الكلفة المدفوعة عنها . وقد استعملت طرق ووسائل عديدة يمكن بواسطتها ترشيد استهلاك الطاقة خاصة عند اختيار الاجهزة والمعدات ذات الكفاءة العالية من حيث استهلاك الطاقة عند اشتغالها دون التأثير على مستوى الخدمات المطلوب توفرها في المبنى . ويمكن تقسيم هذا الجانب الى المجالات التالية :-

## 11 . 1 . الاستعمال الامثل للاجهزة الخدمية في المباني

لقد شاع استعمال الاجهزة الخدمية في المباني ولازال التقدم التقني مستمرا في إيجاد انواع جديدة تقدم اسهل الخدمات المطلوبة في المباني . ويمكن تصنيف الاجهزة الخدمية المستعملة في المباني كمايلي :

### أ - الاجهزة التي تستخدم الوقود السائل ( النفط والغاز ) والصلب :

ويمكن تقسيم هذه الاجهزة الى :

- اجهزة التدفئة ( التدفئات )

- اجهزة تسخين الماء

- اجهزة تسخين الهواء

- اجهزة التكييف المركزية ( تدفئة وتبريد )

- اجهزة الطبخ المختلفة



تصح تعدد انواع واشكال ومصادر هذه الاجهزة ، يجب مراعاة اختيار قدرة الجهاز اللازمة لتزويد كمية الطاقة المطلوبة ، وتركيب الجهاز في المكان اللازم وعدم وضع مثل هذه الاجهزة قرب مصادر التهوية ، والاعتناء بنظافة اجزاء الجهاز وتبديل القطع التي تستهلك في اوقاتها المحددة للحصول على كفاءة تشغيل عالية . ومن المهم جدا عزل انابيب الماء ومجاري الهواء البارد والحار بواسطة عازل حراري جيد مقاوم للظروف الجوية . ووضع خزانات الماء الحار المعزولة جيدا اقرب ما يمكن الى نقاط الاستعمال وذلك لتقليل الحرارة المفقودة من الانابيب . وهناك ضرورة استعمال المسيطرات الالية الذاتية للتحكم في درجات الحرارة واوقات التشغيل .

#### ب - الاجهزة الكهربائية :

ويمكن تقسيم هذه الاجهزة الى :

- اجهزة تسخين الماء
- اجهزة تسخين الهواء
- اجهزة تبريد الماء
- اجهزة التهوية
- اجهزة التكييف ( وحدات منفردة ، وحدات متكاملة ، منظومات مركزية )
- اجهزة الطبخ المختلفة
- اجهزة الخدمات ( غسالة ملابس ، غسالة مواعين ، مجففة ، مكنسة ، منشفة ، اجهزة صغيرة متنوعة)
- الاجهزة المرئية والمسموعة والمسجل العادي والمرئي
- الانارة الداخلية والخارجية
- مصاعد وسلاسل متحركة واحزمة ناقلة
- اجهزة خدمية صغيرة متنوعة

ان الطاقة الكهربائية اكثر كلفة من بقية انواع الطاقة التقليدية كما ان استعمالها شائع في الوقت الحاضر لكثرة استخدام الاجهزة الكهربائية وتعدد انواعها واشكالها لتقديم الخدمات المختلفة . وعند شراء جهاز كهربائي يجب مقارنة ما يستهلكه من الطاقة مع جهاز اخر مماثل له ولكن من منشأ

وصناعة اخرى . ويعتمد في شراء الاجهزة الكهربائية على اساس كلفة الشراء مضافا اليها الكلفة التشغيلية بدلا من الاعتماد على سعر الشراء فقط . ان الاجهزة الأكثر كفاءة في استخدام الطاقة أغلى سعرا من الاجهزة الأخرى . وعند التشغيل الطويل سوف توفر ما يزيد على الفرق في السعر بينها وبين الاجهزة الأخرى التي لا تتصف بنفس المستوى من الكفاءة . وعند شراء الاجهزة الكهربائية يجب قراءة تعليمات استعمال الجهاز قبل توصيله الى مصدر القوة الكهربائية فان التعليمات وضعت اصلا لمساعدة المستهلك لفرض التعرف على طريقة التشغيل المثلى والصيانة الدورية . ومن المجالات التي يمكن ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية فيها هي اجهزة الانارة والتكييف والتلفزيون والغسالة والثلاجة والمحمدة والمكواة... الخ . وما يجدر ذكره بان بعض الاجهزة الكهربائية يمكن استعمالها خارج حدود الذروة القصوى حتى لا يؤثر استخدامها على عمل الاجهزة الكهربائية الضرورية في تلك الفترة التي تحدث في اوقات الظهيرة والمساء . وعند استعمال هذه الاجهزة يجب مراعاة الطرق الصحيحة لاستعمالها والحفاظة على صيانتها ومراقبة عمل الميكنات الذاتية المستعملة فيها وتبديل القطع التي تستهلك في اوقاتها المحددة لفرض تحصيل كفاءة اداء عالية . وتعتبر اجهزة الانارة احدى الوسائل الرئيسية المطلوب الاهتمام بها في ترشيد استهلاك الطاقة في المباني . ومن الضروري تقدير شدة الاضاءة المثالية الى الحد الطبيعي المطلوب توفره في اجزاء البنى كلا حسب حاجته وطريقة استعماله المطلوبة . واستعمال شموع طويلة ( الفلورسنت ) بدلا من المصابيح التقليدية المستعملة في الانارة . وكذلك مراعاة شدة الانارة الخارجية وعدم الاسراف منها عن المستوى المطلوب واستعمال مصابيح زئبقية ذات كفاءة اداء عالية .

## 11 . 2 . استعمال اجهزة السيطرة الذاتية لتنظيم عمل الاجهزة الخدمية في المباني

لقد احتل جانب ترشيد استهلاك الطاقة حيزا واسعا عند انتاج الاجهزة الخدمية والكهربائية المختلفة في الوقت الحاضر ، مما ادى الى استعمال اجهزة السيطرة الذاتية الميكانيكية او الكهربائية بشكل اساسي في تصميم هذه الاجهزة لتنظيم عملها بكفاءة عالية تؤدي الى قلة استهلاك الطاقة عند التشغيل . وتوجد تصاميم متنوعة لاجهزة السيطرة الذاتية يمكن تركيبها على مصادر الطاقة خارج الاجهزة الخدمية . ومثال ذلك تركيب احد انواع اجهزة السيطرة الذاتية على خطوط الانارة للتحكم باوقات تشغيل الاضاءة وتحديد شدتها . وتوجد اجهزة للسيطرة على تشغيل اجهزة التبريد والتدفئة في الاوقات المحددة ودرجات الحرارة المرغوبة كما في الشكل (11 . 1) ، والى غيرها من اجهزة التحكم

والمعدات فلا بد من مراقبة عمل اجهزة السيطرة ومعايرتها واحراء الصيانة الدورية وتبديلها عندما تقتضي الضرورة لتأمين عملها بصورة صحيحة لتحقيق الغاية المرجوة منها . ويوضح الملحق ( 1 ) وسائل ترشيد استهلاك الطاقة في بعض الاجهزة الخدمية المختلفة المستعملة في المباني .

### 11 . 3 . استعمال مواد البناء وعناصر التكيف البيئي والتصميم المعماري

تشكل نسبة الطاقة المستهلكة في تكييف المباني الجزء الاكبر من مجموع الطاقة المستهلكة في قطاع الخدمات والاسكان . وتشكل مواصفات مواد البناء المستخدمة في تشييد المباني جزءا مهما من اجزاء حسابات الاحمال الحرارية في المباني . وكلما قلت موصلية مواد البناء زاد نفعها وبالتالي قلت كمية الحمل الحراري . وتأخذ المواد العازلة نصيبها في تأمين العزل الحراري للمبنى عند استعمالها في بناء الجدران والسقوف . وتساهم عناصر التكيف البيئي والتصميم المعماري مساهمة فعالة في تقليل الاعتماد على الطاقة وتوفير الجو الطبيعي داخل المباني وخارجها . وتم في الفصول السابقة استعراض عناصر التكيف البيئي والتصميم المعماري واعطيت امثلة حية على ذلك . ان الجمع بين هذه العناصر ومواصفات مواد البناء بمراقبة استعمال مصادر الطاقة المتجددة وفي مقدمتها منظومات الطاقة الشمسية الطبيعية والقسرية قد يوصل الى حالة شبه الاكتفاء الذاتي من الطاقة المطلوبة في المباني في اغلب ايام السنة . اما الفترات الباردة والحارة جدا التي تحدث في ايام معدودة من السنة فيمكن معالجتها باحدى الطرق التقليدية المتاحة . ولا بد من الاشارة الى ان اعتماد كافة الطرق والوسائل التي ذكرت في اعلاه قد توصلنا الى حالة الاكتفاء الذاتي الكلي من الطاقة دون الحاجة الى اي مصدر من مصادر الطاقة التقليدية في تكييف المباني او تشغيل الاجهزة الخدمية المختلفة . يوضح الشكل ( 11 . 2 ) مبنى سكني معتمد كليا على الطاقة الشمسية في تزويد الطاقة المطلوبة في المبنى . ولا بد من الاشارة ايضا الى العامل الاقتصادي في حالة تأمين بديل كلي للطاقة التقليدية المستخدمة في تكييف المباني . وقد اقيمت مشاريع ناجحة في مجال تكييف المباني في مناطق عديدة من العالم تم التطرق اليها سابقا .

### 11 . 4 . دور التراث المعماري العربي في ترشيد استهلاك الطاقة في المباني

نتيجة الاهتمام والتطور الحاصل في موضوع التكيف البيئي في العالم ، تم التركيز على الدراسات والبحوث في مجال التكيف البيئي في العمارة العربية . وقد استنبطت الافكار والوسائل

المتبعة في تمكين الانسان للامانة الظروف الطبيعية القاسية ، ولذا قامت بعض الدول العربية مثل العراق ومصر ودول الخليج العربي والمغرب وتونس واليمن باستثمار مبالغ لا بأس بها للمحافظة واعادة احياء التراث المعماري والرجوع الى الاسس والمبادئ المتبعة في تصميم العمارة العربية لتوفير الظروف البيئية المريحة داخل المباني الملائمة مع الاحوال الجوية . يمكن استعمال اسس ومبادئ العمارة العربية والاسلامية عند وضع تصاميم المباني والمدن الحديثة لاضفاء طابع معماري تراثي له لمحات من تاريخ العمارة المرتبطة بواقع تلك المنطقة الجغرافية . وامتازت هذه المشاريع بالوان مختلفة من الفنون المعمارية البالغة الدقة الناتجة من عبرات محلية متوارثة ذات علاقة وثيقة بين مهارة الانسان وعطاء الطبيعة .

لقد حرت كثير من الدراسات والبحوث لمعرفة الاسس والوسائل المستخدمة في توفير الجو الطبيعي للسكان في المباني التراثية ، ووجدت بيان تراثية كثيرة ذات اشكال هندسية مختلفة تتلائم مع ظروف موقعها الجغرافي موزعة في ارجاء الوطن العربي . ويمكن دراسة طبيعة تصميم كل من هذه المباني حسب موقعه الجغرافي واستنباط الدروس والظروف المحيطة التي ادت الى انجاز التصميم المعمارية الملائمة التي ساعدت الانسان على قهر ظروف الطبيعة . ولو درسنا الطرق القديمة المتبعة في بناء العمارة لوجدناها في غاية الدقة والتعبير في اتباع طرق هندسية معمارية فنية . وان ما حصل من تقدم في فنون العمارة مرتبط بتقدم بقية فروع المعارف والعلوم الاخرى . لقد اهتمت دول عديدة في العالم بالحفاظ على هذه المباني واعدت برامج لصيانتها المستمرة والمحافظة عليها واعادت اطلس لها يوضح الطرق المعمارية ويبرز جمالية الفنون ان كانت عربية اسلامية او شرقية من الهند والصين واليابان او شمالية من امريكا او جنوبية من افريقيا .

تقع معظم البلاد العربية في منطقة صحراوية تمتد من شواطئ الخليج العربي شرقا الى شواطئ المحيط الاطلسي غربا ذات مناخ حار حاف صيفا وبارد شتاء . لقد اثرت الطبيعة في تكوين ثقافة الانسان العربي واستنبط منها الوسائل والسبل المتبعة في تشكيل طرق الانشاء المستخدمة في العمارة الملائمة . ان الانسان العربي الذي عاش في الصحراء وتفاعل مع ظروفها القاسية ، استفاد في استيفاء حاجاته المادية والروحية في الحياة المتطورة من حصيلة التفاعل بين ذكائه والبيئة التي يعيش فيها . ان استفادة الانسان العربي من هذا التفاعل والاحتكاك المباشر بالطبيعة ادى الى رسم المعالم المعمارية لمسكنه الجليل عندما احتار السكن في المناطق القرية من مصادر المياه التي تكثر فيها التجمعات السكانية والتي اطلق عليها فيما بعد المناطق الحضرية . لقد اوجد الانسان العربي منذ بداية عيونه

بعمليات التحضر نموذجاً للبيت الذي يسكنه ويحقق فيه احلامه محتفظاً بعلاقة وثيقة بالطبيعة في نفس الوقت . لقد ابدع الانسان العربي في تصميم مسكنه الجديد في سبيل توفير الجو الطبيعي لراحته ، واستلهم الانسان العربي مخبرته الصحراوية في وضع اسس التصميم البيئية لمسكنه التي تعمل على توفير الجو الملائم وعدم الحاجة للطاقة في اغلب الايام حول مدار السنة .

وتجد الاجيال المتعاقبة في مختلف مناطق الارض العربية شواهد حية على الابداع العربي ومنها على سبيل المثال منازل الفسطاط بالقاهرة وقصر الاعمير ومدينة الحضر في العراق والمنازل في تونس واليمن والشام . ولو نظرنا الى التصميم المعماري للبناء لوحدنا ان جزءاً مخصصاً للمعيشة والاستقبال وجزء الصحن بوسطه فسقية والى بعض جوانبه ايوانات الجلوس يسبق كل منها " لوحياً " او بهو مسقوف في ناحية الصحن المؤدي الى المدخل المفتوح بكامل عرضه مباشرة . ويوجد هناك في الغالب ايوانان احدهما الى الشمال والاخر الى الجنوب في الصحن للاستعمال في الصباحيات . والامسيات حسب مكان الشمس في السماء خلال فصلي الشتاء والصيف .

ان " لوحياً " او " الرواق " يوفر مكاناً للجلوس في الظل وعلى اتصال مباشر بالسماء غالباً في الصباح الباكر وفي المساء ، كما توفر الايوانات ذات الدخول العميق اسكن تحمي الانسان من اشعاعات الحرارة المباشرة من الشمس ووجه انعكاسات الضوء المباشر في ساعات الحرارة الشديدة وسط النهار . ويظهر من دراسة هذا النموذج ان فكرة تصميمه نشأت عن محاولة الانسان العربي توفير مختلف الظروف الطبيعية التي يعيشها تحت الخيام باعتبار ان الظل وحركة الهواء مرغوب فيهما لتوفير الجو الملائم في مختلف ساعات النهار .

ومن التقاليد المعمارية المستخدمة في تصميم البيت العربي عمل حوض ماء وسط الصحن يطلق عليه الفسقية على شكل مربع وتقام في اركانها على مستوى منخفض قليلاً من مستوى الارض المجاورة اربع مثلثات بحيث يتحول شكل الحوض من مربع الى مثلث . ويستقطع من كل هذه المثلثات جزء على شكل نصف دائري بحيث يصبح شكل الحوض وكأنه اسقاط هندسي لقبة ساسانية على عناصر متناظرة من الاسفل الى الاعلى . وعندما لا يتوفر الضغط الكافي لانتياق الماء من رأس النافورة وسط الفسقية ، ولكي لا يجرم الانسان العربي من متعة تلاعب الماء مع حركة الهواء ، فقد استعاض عن رأس النافورة بالسلسيل ، كما موضح في الشكل ( 11 . 3 ) . ان السلسيل عبارة عن لوحة من الرعام المزخرفة بنحت منخفض موحى بحركة الماء والهواء المستمرة وتوضع هذه الألواح مائلة قليلاً

عن الوضع الرأسي في دخول حاص في الجدار في مقابلة ايوان الجلوس الرئيسي ، ليتدرج الماء على سطحها ثم يسير في قناة مكسية بالرخام الى ان يصب في الفسقية .

ان القاعة او صالة الاستقبال التي تتكون من جزء اوسط يسمى " الدرقاعة " يستخدم كبهو دخول وتقع على جوانبه الايوانات . ان هذه " الدرقاعة " ماهي في الحقيقة الا صحن مسقوف . لذلك فأن ارضيتها كانت تغطي بالفسيفساء من الرخام في اشكال زخرفية هندسية رمزية وتنشأ هذه الارضيات دائما في مستوى منخفض عن سطح ارضيات الايوانات بمقدار سلمة ، كما لم كانت " الدرقاعة " مفتوحة من اعلى الى السماء ، حتى لا تتسرب مياه الامطار الى داخل ايوانات الجلوس ، ان هذه السلمة كانت تحدد المكان الذي على الانسان الداخل ان يخلع فيه نعليه قبل ان يخطو الى الايوانات التي كانت تغطي بأكملها بالسجاد والفرش . وكانت " الدرقاعة " تغطي من اعلى بمنور من الخشب يرتفع عن باقي سقف البيت ليساعد على توفير الانارة والتهوية الطبيعية . وكان سقف هذا المنور يصمم على شكل قبة ساسانية على خناصر يرمز الى السماء التي تطلو الصحن وكانت هذه السماء الرمزية تعكس على سطح الماء في الفسقية التقليدية التي تتوسط " الدرقاعة " بحيث يحس الجالس في الايوان وكأنه متصل بالمحيط الخارجي ينظر الى الصحن المفتوح .

وعند دراسة تصاميم بناء هيكل البيت العربي يمكن الوقوف على دقة استغلال كافة الطرق المتاحة للمحافظة على استقرار انتقال الحرارة من والى البيت وعدم السماح للظروف الجوية الخارجية بالتأثير على المحيط الداخلي للبيت . وكان استعمال الجدران السمكية ومواد البناء المحلية ذات الموصلية الحرارية القليلة واستعمال مواد انشائية مثل الخشب وقصب الردي في تشكيل السقوف وبعض مقاطع الجدران الداخلية لتأمين ظاهرة العزل الحراري للبيت . ان استعمال الطوب " الطابوق " الفخاري في رصف الارضيات يعمل كمبخر ماء طبيعي عند رش الارضيات بالماء في فصل الصيف لترطيب تيارات الهواء الحاصلة داخل البيت . بالاضافة الى استعمال الشبايك والمظلات الخشبية الخارجية بابعاد مدروسة وكذلك استعمال " الشنابل " او " المشربة " للزخرفة في الواححات الامامية لتأمين نسبة التهوية والاضاءة المطلوبة في فراغات الغرف الداخلية . اضافة للطرق التي تم التطرق اليها لابد ان نذكر ان وجود طرق اخرى عديدة منها استعمال " الملاقف " او " البادكير " لتأمين التهوية حسب الموقع الجغرافي للبيت . واستعملت في البيوت العربية التراثية نظرية اختلاف ارتفاع مستويات ارضيات البناء كما تم الحديث عنها . وكان لاختيار الاثاث دور بارز في توفير الراحة للساكين حيث يمكن استعمال نوعين من الاثاث خلال فصلي الشتاء والصيف .

اما من ناحية التذخلة فإن للمشكلة الهامة التي تواجه الانسان في تصميم مسكنه في المناطق العربية الواقعة في الاجزاء المرتفعة من الوطن العربي حاجتها الى التذخلة كاهمية حيوية مثلما تحتاج الى التبريد في المناطق الحارة الجافة مع الفارق في كون التصميم المعماري للتبريد يثير مشاكل اكثر تعقيدا مما تحتاجه التذخلة . حيث تحتاج التذخلة الى جعل سقوف الغرف منخفضة وتنسيق حجم وشكل الغرف في التصميم المعماري بما يتفق ومتطلبات التذخلة . فيكون الجلوس محصورا في ركن الغرفة الذي يقتصر على استعمال مدفأة او موقد تشعل فيه نار تعمل على تدفئة المكان .

اما مدخل البيت العربي فقد تزين بالقباب المحمولة على اعمدة مفتوحة من الجوانب تعمل على توفير الظل وحركة الهواء . والقباب عبارة عن تحف معمارية لها قمم عالية ومنحنيات منحدره الى اسفل مراكزها ، وهي ذات مركزين او ثلاثة وكلها من ابتكار الهندسة العربية للتوزيع المنتظم لرفع الاحمال . وقد زين السطح الداخلي للقباب " بالمقرنصات " التي تشبه خلايا النحل وهي عبارة عن طبقات مصفوفة على بعضها بزاوية متناهية تكبر عند المحيط الخارجي وتضيق عند مركز القبة . وكانت الاعمدة العربية متميزة المعالم المعمارية عن غيرها ومحلاة بالنقوش المحفورة ومطعمة بالعاج وتيجانها مزينة " بالكرانيش " و " المقرنصات " وهناك العقود المكونة من اقواس تربط بين الاعمدة الحاملة للقباب ومتمزجة بخطوط ماسية لها تقاطعة عند قمة العقد . وقد تنوعت اشكال العقود العربية منها العقد السنيي والعقد المحموس والعقود المكونة من سلسلة عقود وزينت القباب من الخارج بالرخام او الخشب المطعم بالزجاج الملون . ثم ان الكتابة العربية تشغل مراكز هامة في الزخرفة العربية وكذلك استعمال المضلعات والمنحنيات والزركشة .

وعند دراسة التصاميم والوسائل المستخدمة في المباني التراثية بالتحليل العلمي نجد مطابقة لاصول العلوم الطبيعية ومتوافقة مع نتائج البحوث العلمية الحديثة في مجال التكيف الطبيعي للمباني وقد تمت الاستفادة من مشاكل البيئة كمبرر او كعامل مساعد على خلق الظروف التي تتيح الابداع الجمالي والمتعة الحسية على ابتكار الانسان العربي من الواقع العملي لهذه الحلول .

ويمكن الاستنتاج مما تقدم بأن الوطن العربي يتمتع بثراث معماري فني زاخر نابع من جذور الحضارة العربية العريقة مما يتطلب منا الرجوع الى هذا التراث ودراسة مبادئه والاستفادة منه في التطبيقات العملية التي تقدم الانسان المعاصر في جميع المجالات الممكنة . ويجدر بنا تطوير استعمال مواد البناء المتوفرة محليا لتلائم مع الواقع البيئي والجغرافي لغرض الحد من احتياجات الطاقة في المباني . وقد يتطلب الامر من المؤسسات التعليمية اعداد مناهج لتدريس اصول الفن المعماري العربي لابرار دوره

الهام في ترشيد استهلاك الطاقة وتوفير الجو الطبيعي للساكين . ويتحتم الاخذ بعين الاعتبار في اولويات عسلط التنمية القومية استخدام امكانيات التقنية الحديثة لاحياء وتطوير التراث المعماري العربي والحفاظة عليه . ويجب ان نشير الى اهمية الرجوع الى التراث المعماري العربي واساليب ترشيد استهلاك الطاقة في المباني عند التخطيط الاساسي للمشاريع السكنية في المدن الحديثة .

وتجدر الاشارة ايضا الى بقية الطرق المعمارية المستخدمة في بقاع الارض ومنها على سبيل المثال في افريقيا وشرق ووسط اسيا والصين واليابان ، فقد اتخذ كل طريقته الخاصة في انشاء المباني الملائمة على التكيف وتوفير الراحة المطلوبة في ظل الظروف الجوية القاسية .

ومما تقدم فان ترشيد استهلاك الطاقة اصبح من الامور الهامة التي تمس جميع قطاعات الحياة ، بالاضافة الى الفوائد الاقتصادية التي يجنيها من الحد من استهلاك الطاقة التقليدية والحفاظة على سلامة البيئة . ويشكل قطاع المباني جزءا لا يستهان به من القطاعات التي تستهلك الطاقة . ولذا فانه من الضروري الحد من استهلاكها مع الحفاظة على مستوى الخدمات المطلوبة وتوفير الراحة للساكين ، ويمكن ان نستخلص بعض التوصيات الضرورية في هذا المجال ومنها مايلي :-

- خلسق تناغم بين العناصر الاساسية للتصميم المعماري وهي : الطبيعة والانسان وتصميم المبنى والطاقة وبذلك يتطور تصميم المبنى بناء على العنصرين اللذين ادبا الى وجودهما وهما الطبيعة والانسان .

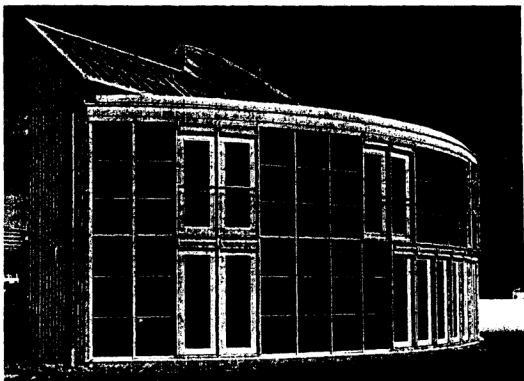
- استغلال مصادر الطاقات المتجددة بصورها المباشرة وغير المباشرة عند وضع التصميم المعمارية والميكانيكية للمباني حيث تساهم في الحد من استهلاك الطاقة في المباني .  
- وضع تصنيف علمي يقسم البلاد الى مناطق متجانسة في ظروفها المناخية والبيئية لان ذلك يعتبر من الاسس الهامة التي يعتمد عليها عند اقامة مشاريع عمرانية حديثة .

- قبل الشروع في تصميم او اعادة تصميم اى محيط داخلي يجب اعداد دراسات نفسية واجتماعية لمعرفة مدى استجابة الانسان له ، حيث ان ترشيد استهلاك الطاقة في التصميم الداخلي يعتبر هدفا اساسيا ولكن لا يأخذ اولوية على حساب توفير الراحة المطلوبة للساكين .





شكل ( 1 . 11 ) استعمال جهاز السيطرة الاوتوماتيكية  
لتحديد درجة الحرارة المرغوبة



شكل ( 2 . 11 ) منزل سكني يعتمد كلياً على الطاقة الشمسية



شكل ( 1 . 11 ) استعمال جهاز السيطرة الاوتوماتيكية  
لتحديد درجة الحرارة المرغوبة



## الفصل الثاني عشر

### تلوث البيئة

تعتبر مكافحة اسباب التلوث من اهم المصاعب التي تواجه المجتمع في الوقت الحاضر . ان اسباب التلوث البيئي كثيرة وذات تأثير مباشر على الكائنات الحية ، مما يثير قلق المجتمع الذي تهدده مخاطر التلوث البيئي وهي تزدحم الان حتى تصل عتبات الابواب .

نظرا لازدياد عدد السكان ونمو التطور الصناعي ظهرت مشاكل عديدة لم تتوعد في عين الاعتبار في ذلك الوقت . حيث لم يكن احد يفكر بها منذ البداية ولم يتوقع حجم الاضرار التي تحدث الان . هذه المشاكل جاءت من فضلات المعامل المختلفة والمفاعلات النووية والمواد الكيميائية والاسمدة وفضلات المخروقات وناقلات النفط... الخ من الفضلات الجانبية صغيرة كانت ام كبيرة كلها مجتمعة تكون سببا في تلوث البيئة . وتؤدي بالتالي الى القضاء على جميع الملوثات الحية .

ان مشاكل تلوث البيئة اصبحت معاناة يومية مزمنة ملازمة لحياة الكائنات الحية . وبجانب ذلك هناك حاجس اخر لا يقل خطورة عن تلوث البيئة الا وهو اسلحة الدمار الشامل . ومن خلال المؤتمرات والندوات المتخصصة التي تنظمها الجمعيات والمنظمات المختلفة تنظافر الجهود وتستثمر الامكانيات المتاحة لكي تتم عملية انقاذ الكون من اسباب تلوث البيئة التي لاتزال في بدايتها على ما يبدو من خلال وضع الخطط القصيرة والطويلة الامد المعدة لهذا الغرض .

ونتيجة اهتمام المجتمع في المحافظة على استمرار احضرار الطبيعة في القديين الماضيين ، رفع شعار ( الارض الخضراء ) . وتلبية لهذا قامت العديد من دول العالم بسن القوانين والتشريعات اللازمة لحماية البيئة من التلوث . حيث اصبحت مهمة تنفيذ هذه القوانين والتشريعات مسؤولية محلية وعالمية . ونتيجة لذلك ظهرت بوادر التعاون بين الجهات الرسمية في الدول والمنظمات الانسانية والشركات المختصة في تنفيذ الخطوات العملية من اجل استثمار المبالغ الضرورية للقيام بالمشايرع المطلوبة لتحقيق سلامة البيئة . وتخطت المرحلة الحالية مرحلة وضع القوانين والتشريعات لحماية البيئة وترتب على ذلك تشكيل واتشاء شركات استشارية متخصصة في هذا المجال وكذلك قيام مشاريع صناعية لاعادة تصنيع المخلفات واستخدام الوسائل والطرق الملائمة لمعالجة النفايات المختلفة .

ان كافة الحلول والتصورات المطروحة في الوقت الحاضر لمعالجة مشاكل تلوث البيئة التي مازالت في اغلبها نظرية وبعضها تطبيقات عملية بسيطة التناول لا تلائم وحجم المشاكل القائمة . ويعود ذلك لعدة اسباب من بينها ارتفاع التكاليف الاقتصادية لتطبيق مثل هذه الحلول ولزيادة الطلب على الاحتياحات الضرورية للمجتمعات المتقدمة التي لا يمكن الحد منها نتيجة للتقدم الحضاري والصناعي والزراعي المطرد لمواكبة متطلبات الحياة .

## 12 . 1 . مسببات التلوث البيئي

في عام 1953 ، أعلن الباحثون اكتشافهم خطرا هاما يؤثر على الكرة الارضية بصورة مباشرة . مما ادى الى تكثيف الدراسات والبحوث للوقوف على هذا الخطر الذي يتجسد في تغيير كثافة الاوزون المحيط بالارض الذي يحمي الكرة الارضية من بعض موجات اشعة الشمس المباشرة المسماة ( بالاشعة فوق البنفسجية ) التي تؤدي للاصابة بسرطان الجلد وحساسية العيون وحرق المحاصيل الزراعية فضلا عن التسبب بارتفاع درجة حرارة الجو . ويتوقع تعاظم هذا الخطر مستقبلا . وتشير الدراسات بان هذه الطبقة في تناقص مستمر ويمكن ان تصل الى اكثر من 50 ٪ . وقد اظهرت نتائج البحوث والدراسات بان مسببات التلوث البيئي العديدة ظهرت نتيجة النمو السكاني والتطور التقني وتوسع اكتشافات النفط في العالم واستخدام وسائل التقنية الحديثة في زيادة رفاهية المجتمع . ويمكن التعرف على المسببات التي تستعمل بصورة قليلة او كثيرة في مختلف المجالات . واشارت البحوث والدراسات بان استخدام الاصناف الكيميائية المختلفة في الزينة لها تأثير مباشر على طبقة الاوزون ومنها على سبيل المثال استعمال منظفات الادوات المنزلية ومنظفات الافران وادوات الرش والصبغة وتزيين الشعر والعطور ومزيلات الروائح واستعمال غاز الفريون في منظومات التكييف المختلفة . وتتسابق الشركات والمصانع في زيادة متوجحاتها المتنوعة من اللدائن ( البلاستيك بانواعه ) ومواد الديكور والانيوم الرقيق والعلب ومواد التغليف... الخ .

وهنا لا بد من الاشارة الى ان الغازات المنبعثة في الجو من مداخن المعامل والمصانع والمركبات ومن حرق النفايات تدخل في تسبب الامطار الحامضية التي تساهم في تلوث المياه والقضاء على الغابات . واذا استمرت الحالة على هذا النحو ، فان غابات الامازون في امريكا الجنوبية التي تشكل نصف مساحة الغابات في العالم ، مهددة بالزوال من الان وحتى عام 2020 .

ان تحسين الانتاج الزراعي اليوم يعتمد بشكل خاص على استعمال السماد الكيماوي وادوية مقاومة الامراض الزراعية والقرية واستعمال المبيدات لمكافحة الافات الزراعية والحشرات الضارة . واذا كانت هذه المواد تساهم في زيادة وتحسين الانتاج الزراعي بشكل عام فانها تساهم في تلوث البيئة بشكل خاص .

وتشكل حرائق الغابات التي تحدث في اكثر من بقعة في العالم تهديد وتلوث الاحياء بالغازات المنبعثة من عملية الاحتراق . وتساهم في تقليل نسبة غاز الاوكسجين وزيادة نسبة غاز ثاني اوكسيد الكاربون في الجو بالإضافة الى تدمير جمال الطبيعة .

تواجه الحيوانات والنباتات البحرية عملية تلوث لبيئتها وابادة مكثفة . ففي الماضي كانت عملية الصيد البحري تتم بواسطة قوارب الصيد الصغيرة ، اما الان فاصبحت عملية الصيد البحري تتم بواسطة البواخر الضخمة ، التي تساهم الى جانب ناقلات النفط العملاقة بتسرب زيوتها ونفاياتها الى مياه البحر والمحيطات بالإضافة الى مساهمة مياه البزل وتسرب مياه المجاري ، مما يؤدي الى تهديد خطير وتلف الحياة البحرية في كثير من الاحيان .

اما في مجال التطور الحضاري فإن الاستخدام الواسع لوسائل النقل في كل مكان والازدحام الذي يحدث في شوارع المدن الكبرى قد ادى الى انتشار تلوث الهواء وزيادة نسبة الضوضاء وتسبب في ظهور حالات تسمم وضيق تنفس شديدة وحالات عصبية ونفسية صعبة .

وتشير الاحصاءات الى ازمة النفايات نتيجة ما يقذف من القمامة ، الى انها وصلت الى حوالي 50 مليون طن من النفايات في عام 1991 مع زيادة سنوية قدرها 1% .

ومما لاشك فيه ان الدول الكبرى والصغرى باتت تدرك اخطار التلوث وتدمير البيئة ، لكن حتى الان لم تبرز المساعي الفاعلة الجماعية المتعاونة في هذه الدول لاصدار قرارات ملزمة التقيد بها في شأن المحافظة على سلامة البيئة . فما زالت الخلافات ، خصوصا المالية حول المساعدات ، وايضا السياسية ، تعوق تنفيذ سياسات عامة في هذا المجال ، مما يترك الكرة الارضية مهددة اكثر في المستقبل ويضع سكانها قبل حيواناتها ونباتاتها في مواجهة اخطار مميتة في بعض الاحيان .

## 12 . 2 . تلوث الهواء داخل المباني

حسب ماتم الحديث عنه سابقا عن تلوث الهواء الخارجي الذي لا يمكن عزله عن الهواء الموجود في المحيط الداخلي للمباني . يدخل الهواء الخارجي الى داخل المباني عن طريق فتح وغلق

الابواب والشبائيك وعن طريق فتحات التهوية الطبيعية والاصطناعية بالإضافة الى وجود مسببات تلوث تنبعث من مصادر عديدة موجودة داخل المباني تؤثر تأثيرا مباشرا على نوعية الهواء في المحيط الداخلي . ان مشاكل التلوث البيئي عديدة وقد حرت بحوث ودراسات لمعالجة هذه المشاكل ذات التأثيرات الآتية والمزمنة . وقد توصلت هذه البحوث والدراسات الى نتائج متقدمة في سبيل المكافحة والحد من مسببات تلوث الهواء داخل المباني السكنية والادارية والخدمات المختلفة التي يسكنها ويستعملها عدد كبير من المواطنين والعاملين . وسوف نستعرض أهم المشاكل الناجمة وأعراضها وتأثيراتها ومصادرها وطرق علاجها . وتم اقتراح الاجراءات الضرورية الواجب اعتمادها في سبيل توفير الراحة للسكان والعاملين في مثل هذه المباني لانجاز الأعمال المناطة بهم بكفاءة تامة .

## 12 . 3 . مصادر تلوث الهواء داخل المباني

يمكن تقسيم مصادر تلوث الهواء داخل المباني الى قسمين رئيسيين وهما :-

- مصادر تلوث الهواء الخارجي الداخل الى المباني

- مصادر تلوث الهواء الموجود داخل المباني

وكلاهما يسببان تأثيرات مباشرة وغير مباشرة الواحد على الآخر اعتمادا على نوعية ونسبة تواجدهما . وسنتطرق بشيء من التفصيل لكل منهما على انفراد .

## 12 . 3 . 1 . مصادر تلوث الهواء الخارجي الداخل الى المباني

كما ذكرنا في اعلاه فان اهم مسببات تلوث الهواء داخل المباني تأتي مع الهواء الخارجي الملوث من مصادر عديدة وكلنا نعرف أنواعها ومشاكلها وأغلب طرق علاجها وتدخل هذه الملوثات مع الهواء الخارجي عندما يسحب الى داخل المبنى عن طريق منظومات التهوية الطبيعية أو الصناعية . ومن أهم هذه الملوثات ذرات الغبار والابخرة المتطايرة من أبراج التبريد والجزيئات الكيميائية السامة والمواد المتطايرة والغازات المنبعثة من مدائن المعامل والمصانع ومحركات وسائل النقل المختلفة والغازات المتولدة من حرائق الغابات وحرق المواد العضوية والروائح المتسربة من المعامل الغذائية وحظائر الحيوانات والصرف الصحي واماكن تجمع القمامة .... الخ . ولا بد من الإشارة الى ان معظم دول



العالم اعلمت في اعتباراتها تنفيذ الخطط التقنية المتقدمة لمكافحة والحد من مسببات التلوث ومعالجة المشاكل الناجمة منها .

## 12. 3. 2 . مصادر تلوث الهواء الموجود داخل المباني

ان معاناة المحافظة على نوعية الهواء الموجود داخل المباني ليست بالمشكلة الجديدة بل انها موجودة منذ ان اكتشف الانسان النار . ثم تعرف على الوسائل التي تساعد على استعمال النار في الحيز المصور والطرق التي يمكنه من التخلص من الغازات المتولدة وتوفير الجو للملهم داخل الحيز الذي يعيش فيه . وكل عام تزداد صعوبة المحافظة على نوعية مقبولة للهواء داخل المباني نتيجة لوجود مستمر لمصادر مسببات تلوث الهواء التي جاءت بسبب التطور التقني الحاصل في جميع قطاعات المجتمع . ويمكن تقسيم مصادر مسببات تلوث الهواء داخل المباني المختلفة الى ما يلي :-

1 . الغازات والأبخرة المتصاعدة من النشاطات العامة : مثل اكاسيد الكربون والنروجين وأبخرة فرفورال ( furfural ) المتولدة من دعان السحائر وحامض البيوتريك ( butyric acid ) المنبعث من الأشعاص وغاز الفورمليدهيد ( formaldehyde ) المنبعث من الأثاث... الخ . وهناك مصادر اخرى لتلوث الهواء لا تظهر مباشرة منها استعمال المواد اللاصقة لتغليف الجدران والسقوف والارضيات ومعاليل الاصباغ التي تصدر مواد متطايرة أو سريعة التبخر لفترات طويلة في بعض الاحيان بعد عملية التركيب والاستعمال .

2 . الجسيمات والدقائق الصغيرة المتطايرة والمنبعثة من المنسوجات المختلفة وخرات الغبار الصغيرة جدا : تعتبر من العناصر المهمة في تلوث الهواء المؤثرة بصورة مباشرة على صحة الانسان .

3 . الكائنات الحية الدقيقة ( البكتريا والفطريات ) والقوارض والحشرات المختلفة ... الخ : تعتبر من أهم المصادر البيولوجية والحية لتلوث الهواء داخل المباني عن طريق الفضلات المتولدة من النشاطات الحيوية .

4 . الكائنات الميتة : تساهم في تلوث الهواء حيث تتطاير من بقاياها الجسيمات والدقائق الصغيرة وتنبعث منها الغازات الناجمة عن تحللها .

5 . استعمال الأجهزة والمعدات المتنوعة : يساهم مساهمة فعالة في تلوث الهواء الداخلي . ويمكن

تقسيم الاجهزة والمعدات المستعملة عادة في المباني السكنية والادارية والخدمية المختلفة الى ما يلي :-

- منظومات التكييف المختلفة ( ومنها منظومات التكييف المركزية ووحدات التكييف المنفصلة وأجهزة مكيفات الهواء ومنظومات التهوية ورشاشات غسل وترطيب الهواء .... الخ ) كما في الشكلين ( 12 . 1 ) و ( 12 . 2 ) : تعتبر من أهم مصادر مسببات تلوث الهواء حيث تتواجد فيها بعض أنواع البكتيريا والفطريات نتيجة تجمع المياه لفترات طويلة دون اجراء عمليات التنظيف والصيانة وتنقل هذه المسببات بصورة مباشرة مع الهواء الذي يدور داخل منظومة التكييف الى بقية اجزاء المبنى ، وتجمع ذرات الغبار والمواد المتطايرة وبعض انواع البكتيريا في مرشحات الهواء في منظومات التكييف المختلفة وتصبح عند ذلك مصدرا مباشرا لتلوث الهواء الداخلي وخاصة في الغرف التي لا تتوفر فيها معدلات كافية من التهوية .

- منظومات تجهيز الماء البارد والجار : تعتبر هذه المنظومات من أهم الاماكن التي تتواجد فيها بكتيريا اللوجينيا التي تسبب مرض اللوجينيز الخطر على صحة الانسان .

- أجهزة التدفئة المختلفة ( الغازية ، النفطية ، الكهربائية ) كما في الشكل ( 12 . 3 ) : تساهم أجهزة التدفئة الغازية والنفطية في توليد الغازات السامة الناتجة من عملية احتراق الوقود ، وتؤثر هذه الغازات بصورة مباشرة على الصحة العامة وجهاز التنفس ، اما اجهزة التدفئة الكهربائية فهي توفر جوا ملائما ولكن بتكاليف باهظة . جميع انواع أجهزة التدفئة تساهم في تسخين الهواء الذي ينتج عن عملية دوران طبيعة للهواء داخل الحيز المحصور وهذه العملية تساعد في تحريك بعض أنواع مسببات تلوث الهواء الداخلي ، وعند عدم توفر التهوية المناسبة فان ذلك يؤدي الى زيادة درجة الحرارة وبالتالي زيادة تركيز نسبة تواجد مسببات التلوث .

- الأجهزة المكتبية المختلفة ( ومنها الطابعات والحاسبات الآلية وآلة تفتيت الورق وأجهزة التصوير المختلفة ... الخ ) : يساهم استعمال الأجهزة المكتبية المختلفة في تواجد الذرات المتطايرة بتأثير مراوح التبريد الخاصة بها ، ويساعد تجمع ذرات الغبار والالياف النسيجية على مرشحات الهواء والابخرة والغازات الكيميائية المتصاعدة من آلات التصوير والاستنساخ على تلويث الهواء الداخلي .

6 . عوامل اخرى :- هناك عوامل أخرى غير التي ذكرت آنفا لها تأثير على نوعية الهواء داخل المباني ومنها على سبيل المثال الانارة والضوضاء ونوع الاعمال الجارية والعلاقات الاجتماعية والاجهاد الزائد للاعمال الجارية ونوع الديكور المستعمل كلها عوامل متداخلة تؤثر على شعور الانسان بالراحة أو عدمها داخل مكان العمل أو السكن .

## 12. 4 . تأثير مسببات تلوث الهواء على الانسان

تظهر على الساكنين والعاملين في المباني المختلفة المكيفة وغير المكيفة علامات شكاوى وتذمر بعد فترة وجيزة من تواجدهم داخل المباني . وتختلف هذه الشكاوى في طبيعتها وكان في أغلبها شعور المواطنين بأمراض بسيطة مثل دوار شديد وضيق في التنفس وحساسية وحفاف في الجلد واحمرار في العينين وتهيج اللوزتين والتعب والصداع وقلة التركيز ونزف الأنف ، ويعزى هذا الى ظروف نفسية وقتية وسرعان ما يشعر العاملون بالراحة عند مغادرة المبنى المتواجدين فيه لساعات طويلة أثناء اليوم ، وظهرت أمراض مستعصية ادت الى حالات مزمنة ومميتة في بعض الاحيان : مما دفع الجهات المختصة باجراء دراسات مستفيضة لتشخيص الامراض والوقوف على مصادر مسبباتها ثم تقدير العلاج اللازم . وأظهرت نتائج البحوث بان نوعية الهواء داخل المباني تؤثر على المتواجدين في المبنى وتؤدي الى الشعور بعدم الراحة والاضطراب ، وهذه الحالة أصبحت تعرف فيما بعد (بمرض المباني المزمن) ، ومن الامراض المتعلقة بامراض المباني هي مرض التهاب الرئة الناتج عن طريق استنشاق المواد العضوية والجهرية والبكتيريا والروائح المتطايرة في الهواء ، وعلاماته أمراض القشعريرة المفاحة والحمى وألم العضلات المستمر والسعال الذي يؤدي الى ضيق الصدر وصعوبة التنفس وأطلقت عليها أسماء مختلفة تعود الى هذه الامراض مثل الحمى الرطبة والحساسية الشديدة وحساسية الرئة المزمنة الناتجة من الرطوبة الزائدة وحفاف والتهاب الجلد وانواع مختلفة من الحمى . ويحتاج المصابون من العاملين بعد مغادرة المبنى الى فترات نقاهة طويلة الأمد للشفاء من الأمراض . وهناك حالات مزمنة لا يمكن علاجها ومنها احتمالية اصابة الرئة بمرض السرطان الرئوي المنتسب من دخان السجائر والاصابة بالسرطان التكويني

بسبب سادة الأسبستوس المستعملة في بناء المباني . ووجد أن نسبة الإصابة بالسرطان عالية بين الساكنين والعاملين في المباني القريبة من التجمعات الصناعية .

وعند دراسة مسببات هذه الأمراض وجد أن نوعية الهواء في داخل المبني ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية لها تأثير مباشر على صحة الساكنين ، ولغرض المحافظة على نوعية الهواء الداخلي لابد من المحافظة على نسبة تهوية كافية للغرف والقاعات والفراغات والمرافق الخدمية في المبني حسب الحاجة وطريقة الاستعمال المطلوبة ، حتى تساعد على توفير الجو الملائم لراحة الساكنين بالمستوى الصحي المطلوب حتى يتمكنوا من إنجاز أعمالهم اليومية بكفاءة عالية .

## 12 . 5 . طرق معالجة تلوث الهواء داخل المباني

نتيجة لظهور بعض الحالات المرضية التي سبق ذكر أعراضها وكان سببها تلوث الهواء داخل المباني تجرى عادة سلسلة من عمليات الفحص والاختبار لعينات من الهواء الداخلي لأجزاء المبني ، وقد تطورت أجهزة الفحص والقياس الى درجة عالية جدا من الحساسية والدقة لقياس وتحديد نسبة أنواع الملوثات المتواجدة في الهواء وبذلك يمكن تحديد مصادرها وطرق علاجها . وتعتبر التهوية في المباني من أهم طرق علاج تلوث الهواء الداخلي ، وهناك طرق أخرى تليها في الأهمية ، ولقد حددت معدلات التهوية الملائمة لتوفير الراحة المطلوبة في الغرف المختلفة الاستعمال حسب نوع المباني كما هو موضح في الجدول ( 11 . 4 ) . ان تحديد معدل التهوية الملائمة سوف يؤدي الى تحقيق غرضين رئيسيين : أولهما المحافظة على نوعية الهواء الداخلي لتوفير الراحة للساكنين وثانيهما المحافظة على الطاقة المصروفة لغرض التدفئة والتبريد ، ولتحقيق هذه الغاية يجب اعتماد الآتي :-

- 1 . استعمال وسائل التحكم بمستوى التهوية المرغوب حسب أوقات السنة والنشاطات الحارية واتباع معدلات التهوية القياسية في المباني حسب ما جاء في الجدول ( 11 . 4 ) .
- 2 . عدم استعمال قواطع ثابتة داخل الغرف مما يؤدي الى خلق مناطق حاملة وخاصة عندما تكون بعيدة عن فتحات التهوية . وكذلك يساعد وجود القواطع على حدوث دورة قصيرة لحركة الهواء داخل الغرفة .

3. السيطرة على نوعية وكمية الهواء الخارجي " حوب الى الداخل .
4. استعمال الطرق الفيزيائية والكيميائية المتخصصة في تنقية الهواء من المواد المتطايرة والابخرة قبل دسوله للمبنى .
5. ازالة الجزيئات والذرات والغازات الملوثة عن طريق استعمال منقيات هواء خاصة ذات كفاءة أداء عالية عند فتحات سحب الهواء في منظومة التهوية .
6. تساعد التبادلات الحرارية المستعملة في منظومات التهوية على استرجاع الحرارة من الهواء الخارج من المبنى ونقلها الى الهواء الداخل عند مرور الهواء الخارج والداخل خلال المبادل الحراري . وبهذه الطريقة يمكن تحقيق كفاءة ترشيد استهلاك الطاقة وعدم تداخل الهواء الخارج الملوث بالهواء الداخل النقي . وقد أثبتت الدراسات المختلفة للتطبيقات العملية الناجحة في هذا المجال ، بان نسبة الحرارة المسترجعة من الهواء الخارج تتراوح بين 60 - 80 % ، معتمدة على تصميم وكفاءة المنظومة المستعملة وظروف تشغيلها . وتشكل نسب الحرارة المسترجعة المذكورة بين 5 - 25 % من مجموع الطاقة الكلية المستهلكة في المبنى .
7. يجب على مصممي منظومات التكييف والتدفئة والتبريد والتهوية عدم تركيب فتحات دخول الهواء قريبة من فتحات خروج الهواء باتجاه معاكس لاتجاه الريح في المنطقة .
8. مكافحة تسرب الهواء من والى داخل المبنى واستعمال التقنيات الحديثة للسيطرة على فتحات التهوية والابواب والشبابيك وضمان عملية احكام الغلق ووقف عملية تسرب الهواء .
9. اعادة النظر ومراقبة الطرق المستعملة في تأمين التهوية الطبيعية والصناعية الملائمة المستخدمة في المباني القديمة .
10. وضع مناهج للصيانة الدورية لمنظومات التدفئة والتبريد والتهوية وعمرانات المياه ورشاشات غسل الهواء .... الخ وتبديل الاجزاء المطلوب تغييرها بموجب عمر التشغيل حسب ما توصي به الشركات المصنعة .

11 . اعادة النظر في نوعية الاثاث والمنسوجات المستخدمة في الغرف واتباع اسلوب دوري

للنظافة والصيانة .

12 . اختيار الالوان ومواد الديكور بما يتناسب مع الاستعمال المطلوب والابتعاد عن الاثاث

المصنعة من المواد الكيميائية .

13 . يفضل تحديد مستوى الانارة والضوضاء والصدى المطلوب توفرها في المباني .

14 . الاشراف المستمر على توفر النظافة في دورات المياه والحمامات والمطابخ والمخازن

وبما تقدم فان تقليل معدل التهوية في المبني سوف يؤدي الى زيادة تركيز مسببات التلوث في الهواء . وان زيادة معدل التهوية سوف يؤدي الى زيادة الطاقة المستهلكة عند استعمال اجهزة التبريد أو التدفئة وبالتالي تقليل عمر تشغيلها .

ويمكن استنتاج العوامل الرئيسية التي تؤثر بصورة مباشرة على نوعية الهواء داخل المبني وهي:

- تحديد حجم الهواء المطلوب للتهوية
- توزيع حركة الهواء داخل الغرف
- توزيع درجات الحرارة في الغرف
- تحديد معدل الرطوبة النسبية
- درجة نقاوة الهواء الخارجي الداخل للمبنى
- الموازنة بين متطلبات التصميم المعماري والميكانيكي وخدمات التشغيل والصيانة والتكاليف الكلية
- المحافظة على ترشيد استهلاك الطاقة في أجهزة التكييف المختلفة

ونستنتج مما تقدم من الحديث المفصل عن مصادر مسببات تلوث الهواء داخل المباني المختلفة أن نسبة لا بأس بها من أفراد المجتمع يسكنون ويعملون في هذه المباني لأداء الخدمات المختلفة ويعانون من مصاعب شتى نتيجة تأثيرات هذه المسببات . ان أغلب مصادر مسببات تلوث الهواء التي تم التطرق إليها هي عناصر مشتركة في تلوث الهواء في المباني المختلفة كاليوت والعمارات السكنية والفنادق ... الخ . وبذلك تكون كل المعالجات التي تم ذكرها والاحراءات اللازم اتخاذها للمحافظة على نوعية هواء



## الطاقة والمباني

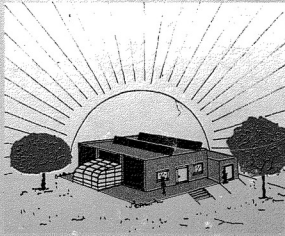
يتناول هذا الكتاب مبادئ نظرية وتطبيقية لمفردات الطاقة والمباني كلاً على انفراد، ويتطرق إلى مصادر الطاقة البديلة والربط بين مصادر الطاقة وتطبيقاتها في المباني والأضرار الجانبية والعوامل المرتبطة بهما.

يتكون الكتاب من ثلاثة عشر فصلاً ابتداءً من المقدمة المختصرة عن مادة الكتاب. ويقدم الفصل الثاني شرحاً عن توفر مصادر الطاقة واستعمالاتها المختلفة، ويتناول الفصل الثالث تصنيف المباني حسب نوعها وطبيعة استعمالها وطريقة ومواد البناء المستعملة فيها. وقدم الفصل الرابع احتياجات الطاقة في المباني وطرق حسابات الاحمال الحرارية المطلوبة للتدفئة وتوفير الجو الطبيعي للساكين. تخصص الفصل الخامس والسادس والسابع في تعريف الطاقة الشمسية وتوفيرها وطرق قياسها واستخداماتها المختلفة.

وتناول الفصلين الثامن والتاسع عناصر التصميم المعماري والتكيف البيئي التي يعتمدها المهندسون في تصميم المباني لغرض تقليل احمال التكيف وتوفير الجو الطبيعي بأقل تكاليف ممكنة. وتخصص الفصل العاشر في تطبيق الطاقة الشمسية في مختلف المباني سواء كانت قديمة أو حديثة.

أما ترشيد استهلاك الطاقة فأخذ نصيبه في الفصل الحادي عشر. وتناول الفصل الثاني عشر مسببات ومصادر تلوث البيئة وطرق علاجها وتأثيراتها السلبية على صحة الساكنين في المباني المختلفة. وتم الوقوف على المردودات الاقتصادية لتطبيقات مصادر الطاقة البديلة والمردودات الايجابية التقنية والبيئية في الفصل الاخير.

يعتبر هذا الكتاب مساهمة متواضعة من أجل توفير مادة نظرية وعملية متخصصة يستفيد منها إبنائنا الطلبة في المعاهد والكليات العربية في اختصاصات الهندسة الميكانيكية والمدنية والمعمارية والطاقة والبيئة والفيزياء والاقتصاد والتخطيط. وكذلك يستفيد منه المهندسون والباحثون والعاملون في حقل الطاقة والمباني.



Dar Mahdalawi Pub. & Dis

دار مجدلاوي للنشر والتوزيع

تليفاكس ٦١١٦٠٦ ص.ب ١٨٤٢٥٧

عمان ١١١١٨ - الأردن